

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS EDUARDO ANDRADE IATSKIU

CORE-SL-SW-GENERATOR: GERADOR AUTOMÁTICO DA ESCRITA DA LIBRAS A  
PARTIR DE UM MODELO DE ESPECIFICAÇÃO FORMAL DOS SINAIS

CURITIBA PR

2018

CARLOS EDUARDO ANDRADE IATSKIU

CORE-SL-SW-GENERATOR: GERADOR AUTOMÁTICO DA ESCRITA DA LIBRAS A  
PARTIR DE UM MODELO DE ESPECIFICAÇÃO FORMAL DOS SINAIS

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção  
do grau de Doutor em Ciência da Computação no  
Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de  
Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Ciência da Computação*.

Orientador: Laura Sánchez García.

Coorientador: Tanya Amara Felipe.

CURITIBA PR

2018

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

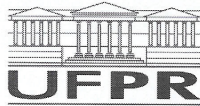
---

- II1c Iatskiu, Carlos Eduardo Andrade  
Core-SL-SW-generator: gerador automático da escrita da libras a partir de um modelo de especificação formal dos sinais / Carlos Eduardo Andrade Iatskiu – Curitiba, 2018.
- Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-graduação em Informática, 2018.
- Orientadora: Laura Sánchez García.  
Coorientadora: Tanya Amara Felipe.
1. SignWriting - Sistema de escrita. 2. Core-SL-SW (Programa de Computador). 3. Libras (Língua Brasileira de Sinais). I. Universidade Federal do Paraná. II. Sánchez García, Laura. III. Felipe, Tanya Amara. IV. Título.

CDD: 005.368

---

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INFORMÁTICA

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em INFORMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CARLOS EDUARDO ANDRADE IATSKI** intitulada: **CORE-SL-SW-Generator: Gerador Automático da Escrita da Libras a partir de Um Modelo de Especificação dos Sinais**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 10 de Dezembro de 2018.

LAURA SANCHEZ GARCIA  
Presidente da Banca Examinadora

ROBERTO PEREIRA  
Avaliador Interno (UFPR)

DANIELA DE FREITAS GUILHEMINO DE ANDRADE  
Avaliador Externo (UENP)

ANDRÉ LUIZ PIRES GUEDES  
Avaliador Interno (UFPR)

SÍLVIA AMÉLIA BIM  
Avaliador Externo (UTFPR)

TANYA AMARA FELIPE DE SOUZA  
Coordenadora - Avaliador Externo (INES)

DIEGO ROBERTO ANTUNES  
Avaliador Externo (UTFPR)



*Dedico essa tese de Doutorado a meu avô, Deuplínio Cipriano de Andrade, que partiu há dois anos, deixando um legado de sabedoria e muita saudade em todos que o rodeavam. O que nos resta é a oração que sempre o acompanhava: "Concedei-me, Senhor a serenidade necessária para aceitar as coisas que não posso modificar. Coragem para modificar aquelas que posso e sabedoria para conhecer a diferença entre elas. Amém!"*

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família, em especial meus pais, Lauro e Maria Eugênia, além de minha noiva, Renata.

O agradecimento mais que especial vai para minha "mãe acadêmica", Laura Sánchez García, por todo o conhecimento, dedicação e carinho que teve comigo durante estes quase sete anos de trabalho em conjunto. Um agradecimento a todos os colegas do Grupo de Pesquisa de IHC da Universidade Federal do Paraná, a coorientadora desta tese, Tanya Felipe, e aos demais membros da banca examinadora, Daniela, André, Diego, Roberto e Sílvia Amélia.

# RESUMO

Os seres humanos são capazes de interagir com outras pessoas, acessar o conhecimento e desenvolver seu intelecto por meio da sua língua preferencial. Sendo assim, as pessoas que não utilizam essa forma de comunicação estão às margens da própria sociedade. Os usuários que usam como forma de comunicação um tipo diferente da língua oral de seu país, acabam sendo privados de direitos e do pleno exercício da cidadania. Mais do que o convívio social, não utilizar a língua preferencial para uma comunidade também tem outros reflexos. Um dos exemplos de comunidade que sofre com estas barreiras é a Comunidade Surda. A escrita na língua natural ou preferencial é um pré-requisito para a formação do ser humano, pois quem pouco lê, pouco escreve e isso atinge diretamente os Surdos. Apesar das Línguas de Sinais (LS) já estarem consolidadas na sociedade há um certo tempo e no Brasil, e a Língua Brasileira de Sinais (Libras) ser lei desde 2002, é escasso o fornecimento de qualquer material na forma escrita das Línguas de Sinais, ou seja, na língua preferencial dos membros dessa comunidade. Isso tem distintas consequências para os surdos, incluindo cultural, social e de letramento. Esta tese está inserida no contexto de uma Arquitetura de Interação Humano-Computador em Língua de Sinais (HCI-SL) que tem o intuito de dar suporte à criação de ferramentas e de aplicações para o usuário final que ofereçam uma interação de qualidade por meio das Línguas de Sinais e no Modelo Computacional para a representação de sinais das LS (CORE-SL), seu módulo principal, que permite a resolução de questões como armazenamento, indexação, recuperação, reconhecimento, reprodução, síntese, entre outras. SignWriting é um sistema de escrita que tem a capacidade de representar graficamente qualquer LS. Essa propriedade leva à sua complexidade intrínseca, que, consequentemente, faz com que seu uso não alcance uma ampla aceitação. Na literatura relacionada, são encontradas diversas ferramentas que têm intuito de fornecer apoio aos Surdos que desejam utilizar o SignWriting, mas essas ferramentas apresentam diversos problemas que levam ao baixo uso das mesmas. A geração automática dos Sinais em SignWriting é uma alternativa de solução apropriada capaz de proporcionar o acesso à informação e ao conhecimento, assim como a sua apropriação para a produção textual, na língua preferencial de forma escrita para as comunidades Surdas.

**Palavras-chave:** SignWriting, Libras, Geração Automática.



# ABSTRACT

Human beings are able to interact with other people, access knowledge and develop their intellect through their preferred language. Thus, people who do not use this form of communication are left on the edge of society. Users of a different form of communication than the official oral language of their country end up being deprived of rights and of full exercise of citizenship. More than social interaction, not using the preferred language for a community also has other reflexes. One example of a community that suffers from these barriers is the Deaf Community. Writing in the natural or preferential language is a prerequisite for the formation of the human being, for whoever reads little, writes little and this directly affects the Deaf. Although Sign Languages (LS) have been consolidated in society for some time and in Brazil, the Brazilian Sign Language (Libras) has been a law since 2002, there is a scarcity of material in the written form of Sign Language, that is, in the preferred language of the members of that community. This has distinct consequences for the deaf, including cultural, social and literacy implications. This PhD Thesis belongs in the context of a Human-Computer Interaction Architecture in Sign Language (HCI-SL) that aims to support the creation of tools and end-user applications that offer proper interaction through Sign Language (SL). It also belongs in the Computational Model for the representation of the signs of Sign Language (CORE-SL), its main module, which allows the resolution of issues such as signs storage, indexing, retrieval, recognition, reproduction, synthesis, among others. SignWriting is a writing system that has the ability to represent, in graphical form, any SL. This property leads to its intrinsic complexity, which consequently makes its use not to be wide accepted. There are several tools, in related literature, that intend to provide support to Deaf people who wish to use SignWriting, but these tools present several problems, which lead to their low usage. We believe that the automatic generation of SignWriting signs is an appropriate solution, capable of providing access to information and knowledge, as well as its appropriation for textual production, in the preferred written form of language for the Deaf communities.

**Keywords:** SignWriting, Libras, Automatic Generation.



# LISTA DE FIGURAS

1.1	Módulos da Arquitetura HCI-SL - Adaptado de García et al. (2013) . . . . .	15
2.1	Perspectiva da Palma nos Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011) . . . . .	22
2.2	Perspectiva do Plano nos Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011) . . . . .	23
2.3	Grupos de Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011). . .	23
2.4	Símbolos de Contato do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011) . . . . .	23
2.5	Símbolos de Movimento de Dedos do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)	24
2.6	Setas de Movimento com Referência ao Plano - Adaptado de Antunes (2011) . .	25
2.7	Setas de Movimento com Referência as Mãos - Adaptado de Antunes (2011). . .	25
2.8	Expressões Faciais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011) . . . . .	26
3.1	Camadas da Arquitetura HCI-SL - Retirado de García et al. (2013) . . . . .	28
3.2	Camadas do CORE-SL - Retirado de Antunes (2015) . . . . .	29
3.3	Estrutura da Descrição de Sinais do CORE-SL - Retirado de Antunes (2015). . .	30
4.1	Tela de trabalho da Ferramenta SignWriter - Extraído de Gleaves (2004) . . . . .	33
4.2	Tela principal da Ferramenta SW-Edit - Barth et al. (2002) . . . . .	33
4.3	Telas principais das Ferramentas - Campos (2008). . . . .	34
4.4	Interface do SignPuddle - Extraído de Sutton (2013a) . . . . .	35
4.5	Interface do Projeto SignTyp - Adaptado de Channon e Butler (2010). . . . .	36
4.6	Interface do SignWriter Studio - Extraído de Duncan (2009) . . . . .	37
4.7	Interface do Delegs SignWriter Editor - Extraído de Wöhrmann (2016). . . . .	38
4.8	Interface do Aplicativo SignMaker 2015 - Extraído de Slevinski (2016) . . . . .	38
4.9	Interface do SWIFT - Adaptado de Bianchini et al. (2012). . . . .	39
5.1	Diagrama do Funcionamento do Gerador Automático . . . . .	45
5.2	Grupos mais Utilizados de Primitivas do SignWriting na Formação dos Sinais da LIBRAS . . . . .	48
5.3	Primitivas do SignWriting mais Utilizadas na Formação dos Sinais da LIBRAS .	48
5.4	Tela do Gerador . . . . .	49
5.5	Parâmetro Locação do CORE-SL - Retirado de Antunes (2011). . . . .	51
5.6	Esquema de Posicionamento Canvas - Retirado de Lázaro et al. (2014). . . . .	52

5.7	Posicionamento da Expressão Facial - Adaptado de Lázaro et al. (2014) . . . . .	53
5.8	Exibição das Coordenadas Sinal Surdo - Adaptado de Lázaro et al. (2014) . . . .	54
5.9	Exibição do Sinal Amarelo - Adaptado de Lázaro et al. (2014) . . . . .	55
6.1	Trecho do Gibi da Turma da Mônica em SignWriting . . . . .	60
6.2	Análise comparativa do sinal da Libras “surdo”. . . . .	69
6.3	Gráfico do Resultado de Teste de Validação da Ferramenta . . . . .	75
A.1	Diagrama de Casos de Uso do Gerador de Sinais . . . . .	83
A.2	Diagrama de Sequência do Gerador de Sinais (Cadastrar) . . . . .	83
A.3	Diagrama de Sequência do Gerador de Sinais (Traduzir) . . . . .	83
A.4	Diagrama de Classes do Gerador de Sinais. . . . .	84
D.1	Análise comparativa do sinal da Libras “você”. . . . .	98
E.1	Análise comparativa do sinal da Libras “agua”. . . . .	103

# LISTA DE TABELAS

2.1	Grupos do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011) . . . . .	22
4.1	Tabela com os problemas apresentados pelas ferramentas de apoio ao SignWriting. . . . .	42
5.1	Tabela com Todos os Valores Possíveis das Configurações de Mão do SignWriting (Adaptado de Antunes (2011)) . . . . .	46
5.2	Tabela com Todos os Valores Possíveis das Expressões Não Manuais do SignWriting (Adaptado de Antunes (2011)) . . . . .	46
5.3	Tabela com Todos os Valores Possíveis de Movimento do SignWriting (Adaptado de Antunes (2011)) . . . . .	47
6.1	Tabela com o Gibi - Parte 1 . . . . .	57
6.2	Tabela com o Gibi - Parte 2. . . . .	57
6.3	Tabela com o Gibi - Parte 3 . . . . .	58
6.4	Tabela com o Gibi - Parte 4 . . . . .	58
6.5	Tabela com o Gibi - Parte 5 . . . . .	58
6.6	Tabela com o Gibi - Parte 6 . . . . .	59
6.7	Tabela com o Gibi - Parte 7 . . . . .	59
6.8	Tabela com o Gibi - Parte 8 . . . . .	59
6.9	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Água. . . . .	61
6.10	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Ir(vamos) . . . . .	62
6.11	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Mosquito . . . . .	63
6.12	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Falar. . . . .	64
6.13	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Fechar + Tampa . . . . .	65
6.14	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Dor . . . . .	66
6.15	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Vaso + Flor . . . . .	67
6.16	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Você. . . . .	68
6.17	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Médico . . . . .	68
6.18	Justificativa da escolha dos sinais para teste: Surdo . . . . .	69
6.19	Tabela com a Transcrição do Sinal “Surdo” em Libras no XML do CORE-SL. . . . .	74
6.20	Tabela com Resultado dos Testes de Validação da Ferramenta por Sinais. . . . .	74
B.1	XML da estrutura do CORE-SL de entrada da ferramenta na primeira etapa . . . . .	88
C.1	XML da estrutura do CORE-SL de entrada da ferramenta na versão final. . . . .	93

D.1	XML descritivo do sinal “você” da Libras.. . . . .	98
E.1	XML descritivo do sinal “agua” da Libras.. . . . .	103

# LISTA DE ACRÔNIMOS

ASL	American Sign Language
CORE-SL	Modelo Computacional para Representação Computacional de Línguas de Sinais
DINF	Departamento de Informática
GIF	Graphics Interchange Format
HCI-SL	Arquitetura Computacional para a Interação Humano-Computador em Língua de Sinais
IHC	Interação Humano Computador
INES	Instituto Nacional de Educação de Surdos
JPG	Joint Photographic Experts Group
LGP	Língua Gestual Portuguesa
Libras	Língua Brasileira de Sinais
LS	Línguas de Sinais
MVC	Model-view-controller
PNG	Portable Network Graphics
PPGINF	Programa de Pós-Graduação em Informática
SW	SignWriting
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UML	Unified Modeling Language
XML	Extensible Markup Language

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Percorso Teórico . . . . .</b>	<b>18</b>
2.1	Línguas de Sinais . . . . .	18
2.2	Libras –Língua Brasileira de Sinais. . . . .	18
2.3	Registro das Línguas de Sinais . . . . .	19
2.3.1	Sistemas de Transcrição e Sistemas de Transcrição em Glosa . . . . .	19
2.3.2	Sistemas de Marcação. . . . .	20
2.3.3	Sistemas de Codificação . . . . .	20
2.3.4	Sistemas de Escrita . . . . .	20
2.4	SignWriting – Sistemas de Escrita para as Línguas de Sinais . . . . .	21
2.4.1	Símbolos Manuais . . . . .	21
2.4.2	Símbolos de Contato . . . . .	23
2.4.3	Símbolos de Movimento de Dedos . . . . .	24
2.4.4	Símbolos de Movimento . . . . .	25
2.4.5	Expressões Faciais . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Contexto de Trabalho . . . . .</b>	<b>27</b>
3.0.1	HCI-SL - Arquitetura Computacional Baseada na Interação Humano-Computador em Língua de Sinais . . . . .	27
3.0.2	CORE-SL - Modelo Computacional para Representação Computacional de Línguas de Sinais . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Ferramentas Computacionais de Apoio Ao SignWriting . . . . .</b>	<b>32</b>
4.1	SignWriter. . . . .	32
4.2	SignNet . . . . .	32
4.3	SW-Edit . . . . .	33
4.4	SignTalk, SignSim e SignEd . . . . .	34
4.5	SignPuddle . . . . .	34
4.6	Projeto SignTyp . . . . .	35
4.7	SignWriter Studio . . . . .	36
4.8	Delegs SignWriting Editor . . . . .	37
4.9	SignMaker 2015. . . . .	38
4.10	SWIFT (SignWriting improved fast transcriber) . . . . .	39
4.11	O Não Uso das Ferramentas Computacionais de Apoioao SignWriting . . . . .	39
4.11.1	Simplicidade nas Estruturas das Tarefas . . . . .	40

4.11.2	Antecipação . . . . .	40
4.11.3	Conteúdo relevante e expressão adequada . . . . .	40
4.11.4	Prevenção de Erros . . . . .	41
4.11.5	Estímulo à eficiência do usuário . . . . .	41
4.11.6	Correspondência com as expectativas do usuário . . . . .	41
<b>5</b>	<b>CORE-SL-SW: Gerador Automático da Escrita de Sinais da Libras a partir de um Modelo de Especificação. . . . .</b>	<b>43</b>
5.1	Projeto do Gerador . . . . .	43
5.2	Desenvolvimento da Ferramenta . . . . .	44
5.3	Descrição das Primitivas . . . . .	45
5.4	Ausência do Parâmetro “Locação” . . . . .	48
5.5	Avaliação da Ferramenta em Etapa Inicial . . . . .	49
5.6	Atualização do CORE-SL. . . . .	49
5.7	Expansão da Bases de Dados . . . . .	50
5.8	Inclusão do Parametro de “Locação” . . . . .	50
5.9	Desenvolvimento do Espaço de Sinalização (TELA). . . . .	51
5.10	Conversão das Regras de Locação em Posicionamento (x,y). . . . .	53
<b>6</b>	<b>Experimentos de Avaliação . . . . .</b>	<b>56</b>
6.1	Geração da Escrita em SignWriting do Gibi da Turma da Mônica. . . . .	56
6.2	Comparação dos Sinais . . . . .	59
<b>7</b>	<b>Conclusões e Trabalhos Futuros . . . . .</b>	<b>76</b>
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>79</b>
	<b>Apêndice A: UML . . . . .</b>	<b>83</b>
A.1	Diagrama de Caso de Uso . . . . .	83
A.2	Diagramas de Sequência . . . . .	83
A.3	Diagrama de Classe . . . . .	84
	<b>Apêndice B: XML - Modelo Computacional. . . . .</b>	<b>85</b>
	<b>Apêndice C: XML - CORE-SL . . . . .</b>	<b>89</b>
	<b>Apêndice D: Sinal Você . . . . .</b>	<b>94</b>
	<b>Apêndice E: Sinal Água . . . . .</b>	<b>99</b>



# 1 Introdução

Todo ser humano necessita do uso de sua língua preferencial, pois é por meio dela que ele consegue interagir com as pessoas e com a sociedade. É também com ela que as pessoas têm acesso ao conhecimento, assumindo um papel fundamental no desenvolvimento intelectual dos indivíduos. Sendo assim, as pessoas cuja língua preferencial é diferente da língua oral de seu país vem sendo privadas de direitos e do pleno exercício da cidadania, já que as sociedades vem atuando para a maioria em detrimento das minorias e a língua privilegiada é, na imensa maioria do mundo, a língua oral do país (Guimarães et al. (2011)).

Adicionalmente, a forma escrita de uma língua natural ou preferencial, é um pré-requisito para a formação do ser humano. Foi com ela que o homem conquistou a possibilidade de expandir suas mensagens além do seu próprio tempo e espaço, pois ela é a porta de acesso à cultura e ao saber científico e tecnológico, entre outros (Garcez (2018)). O ler e o escrever consistem em processos de aprendizagem continuados pois, à medida em que se modificam as necessidades de comunicação de uma sociedade, também se modificam as linguagens para atender às novas exigências. A leitura e a escrita estão interligadas. Consequentemente, quem pouco lê, pouco escreve (de Lourdes da Silva (2012)) (Dorneles (2013a)).

É possível citar que as barreiras linguísticas, que impedem o acesso pleno à informação e ao conhecimento estão entre os maiores obstáculos que as comunidades minoritárias (as comunidades surdas em particular) enfrentam. Com o passar dos anos, as comunidades surdas ao redor do mundo passaram a reivindicar as línguas de sinais (LS) como o meio de comunicação e acesso à informação e ao conhecimento em todos os segmentos sociais. No Brasil não foi diferente. Na década de 80, os Surdos passaram a não ser mais definidos pela deficiência auditiva, mas sim como membros de comunidade minoritárias que utilizam as línguas de sinais para a comunicação e as relações sociais.

A língua preferencial para os Surdos é a língua de sinais de seu país. Línguas de sinais são sistemas linguísticos que têm o poder de representar todos os fenômenos linguísticos como qualquer outra língua oral. As LS possuem seus níveis fonológico, morfológico, sintático, semântico e discursivo e são do tipo gestual-visual. Cada país possui a sua própria língua de sinais, como acontece com as línguas orais nos diferentes lugares do mundo. (Skliar (1997)) (Stokoe (1960a)).

A Língua Brasileira de Sinais (Libras) é um sistema linguístico legítimo e utilizado preferencialmente pela comunidade surda brasileira. Ela possibilita o desenvolvimento linguístico, social e intelectual do indivíduo que a utiliza como instrumento comunicativo, favorecendo seu acesso ao conhecimento cultural e científico, e também a inclusão ao grupo social ao qual pertence. No país, a Libras foi oficializada como a língua dos Surdos com o Decreto de Lei número 10.436/2002, que garantiu direitos como o acesso à informação em Libras nas instituições de ensino e a comunicação em processos seletivos, transformando-a em uma disciplina obrigatória em cursos de graduação e formação de professores (Antunes (2011)) (Brasil (2002)).

Apesar da Libras estar consolidada no Brasil, a Língua Portuguesa ainda domina os meios de acesso à informação e ao conhecimento. Com isso, os Surdos são excluídos do processo

comunicacional. Adicionalmente, a sociedade brasileira tem ainda conhecimento insuficiente das LS (Strobel (2008)).

Resgatando a relevância do ato de escrever, afirma-se que dominar a escrita é também um ato de cidadania, pois “quando pessoas não sabem ler ou escrever adequadamente sua língua, outros farão ou escreverão por ela e não para elas”. Diante de todos esses fatos fica evidenciada a necessidade da escrita para todas as línguas, em particular a das línguas de sinais (Dorneles (2013b)).

A aquisição de habilidades de escrita na Língua Portuguesa pelos Surdos exige processos de ensino/aprendizagem e metodologias específicas semelhantes aos processos de ensino/aprendizagem de uma língua estrangeira para os ouvintes.

Assim, uma das dificuldades encontradas pelos Surdos é no registro do conhecimento na forma escrita. Embora utilizem a Libras para a comunicação, eles têm o registro do conhecimento mediado pelo português escrito e, desta maneira, o conhecimento e a cultura são insatisfatoriamente registrados, já que não estão representados pela sua língua preferencial (Sutton (2013b)).

Na literatura existem alguns sistemas de escrita voltados para as línguas de sinais, como Sistema de Stokoe e a Notação de François Neve (Stumpf (2000a)), HamNoSys (Prillwitz et al. (1989)), ELIS (Barros (2008)) e o SignWriting (SW) (Sutton (2013b)), mas nenhum deles é amplamente aceito pelas Comunidades Surdas. O SignWriting, dentre todos os sistemas de escrita existentes, é o mais utilizado, pois é um sistema completo com o poder de representar graficamente qualquer língua de sinais existente. Contudo, esse poder expressivo determina a sua complexidade (Sutton (2013b)).

Do ponto de vista computacional, a pesquisa que criou esta tese está inserida na Arquitetura HCI-SL (García et al. (2013)), que visa o desenvolvimento e a implementação de uma estrutura computacional de suporte à construção de serviços e aplicativos que consideram as reais necessidades dos Surdos. A Arquitetura tem o intuito de proporcionar e desenvolver um ambiente integrado de ferramentas computacionais a partir de um conjunto de hipóteses e estratégias metodológicas com potencial de tratar a Libras de forma correta, tanto do ponto de vista linguístico, como computacional. A Figura 1.1 destaca o módulo Gerador de SignWriting como componente da Arquitetura HCI-SL.

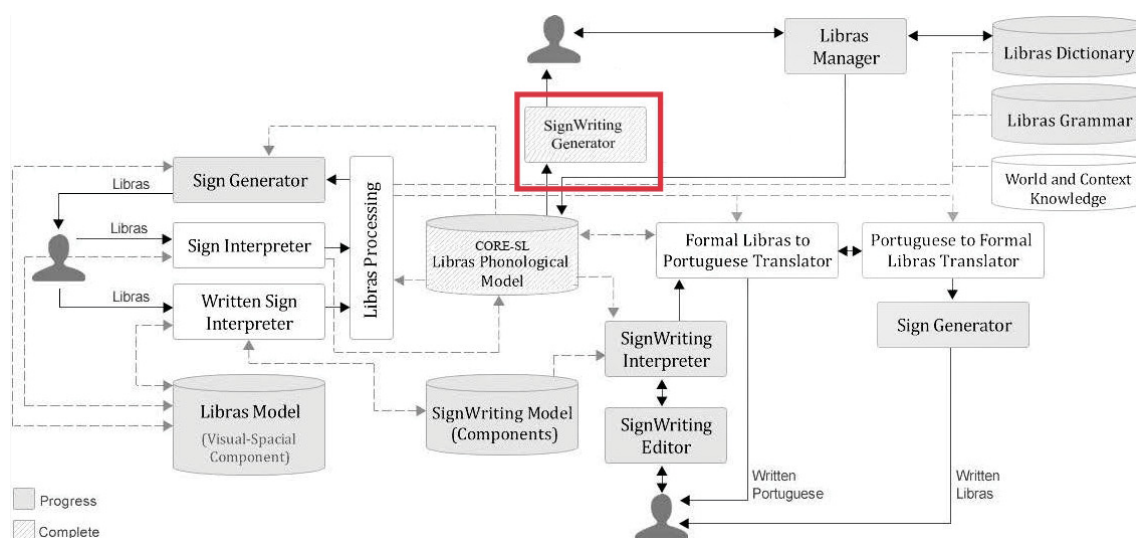


Figura 1.1: Módulos da Arquitetura HCI-SL - Adaptado de García et al. (2013)

O CORE-SL (Antunes (2011)) (Antunes (2015)) é um modelo computacional para a representação de sinais que funciona como centro da Arquitetura HCI-SL. Esta linguagem formal

é capaz de representar todo sinal da Libras ou, virtualmente, de qualquer outra língua de sinais com todos os seus componentes minimais, dando apoio ao desenvolvimento de tecnologias de qualidade para a comunidade surda. O Modelo tem propriedades internas e externas que permitem tanto a representação formal passível de tratamento computacional, quanto o seu atendimento às necessidades dos usuários finais. O CORE-SL proporciona a base para o desenvolvimento de frameworks e ferramentas que tratam questões específicas para a construção de aplicações em línguas de sinais, dentre as quais a escrita em SignWriting.

Por outro lado está o SignWriting, que, segundo (Capovilla e Raphael (2001)), objetiva ser mais que um sistema de notação científica de descrição de sinais. Ele tem como objetivo ser um sistema prático para a escrita dos sinais, possibilitando a comunicação escrita rápida e inequívoca por Surdos em seu cotidiano. O SignWriting é um sistema robusto capaz de representar graficamente qualquer língua de sinais, funcionando como um sistema alfabético, no qual as unidades gráficas correspondem às unidades que formam os sinais (da Rocha Costa e Dimuro (2003)).

O CORE-SL (Antunes (2011)) (Antunes (2015) e o SignWriting (Sutton (2013b)) são, respectivamente, a entrada e a saída da ferramenta de geração da escrita.

O poder expressivo do SignWriting carrega uma complexidade que atua como uma das barreiras para o seu baixo uso (Iatskiu et al. (2015)). Fazendo uma análise comparativa, as letras do nosso alfabeto formam as palavras e as primitivas do SignWriting formam os sinais, possuindo ambos a mesma função na representação gráfica de suas línguas. A complexidade do SignWriting surge ao apresentar cada um dos sistemas pelos seus componentes básicos. Enquanto o alfabeto da Língua Portuguesa possui 23 letras, sem contar as letras K, W e Y, o SignWriting possui mais de 2000 primitivas.

Na literatura existente são encontradas ferramentas que têm o intuito de fornecer apoio aos Surdos que desejam utilizar o SignWriting. No entanto, elas demandam um alto tempo para a construção de um único sinal e exigem que os sinais estejam dicionarizados para sua grafia. Assim, as ferramentas que poderiam ser a solução dos problemas, acabam sendo outra barreira (Iatskiu et al. (2015)). Adicionalmente, a arquitetura HCI-SL (García et al. (2013) necessita de um sistema automático para a geração em SignWriting para mais tarde dar conta de uma saída escrita resultante da tradução Língua Portuguesa-Libras.

Espera-se que o CORE-SL-SW, o gerador automático de SignWriting desenvolvido na pesquisa que deu lugar à presente tese, se constitua numa ferramenta computacional adequada de apoio à produção de materiais nesse sistema de escrita das línguas de sinais, apoiando, assim, as comunidades surdas na aquisição de sua cidadania plena.

Esta tese teve por objetivo geral comprovar a hipótese da viabilidade do desenvolvimento de uma ferramenta computacional de geração automática dos sinais da Libras em SignWriting, tendo como entrada as descrições dos sinais da Libras pelo CORE-SL e como saída o sinal gráfico da Libras em SignWriting.

Como objetivos específicos, podemos citar os seguintes:

- Desenvolver um módulo de geração automática de SignWriting que tenha fácil integração com os demais módulos da Arquitetura HCI-SL;
- Representar e popular uma base de dados de todas as primitivas do sistema de escrita SignWriting pelo CORE-SL, para que todo sinal da Libras possa ser ter sua geração garantida;
- Analisar as possibilidades de articulação dos sinais da Libras e transformá-las em coordenadas de localização para posicionamento no eixo (x,y).

Este projeto de tese trilhou os seguintes passos metodológicos:

1. Pesquisa exploratória em estudos já realizados pelo grupo de pesquisa, focados nas necessidades reais das comunidades Surdas;
2. Análise das ferramentas existentes na literatura de apoio, quanto ao uso do SignWriting, com o auxílio de especialistas em IHC, utilizando um conjunto de guidelines e heurísticas para entender o real problema do baixo uso de ferramentas;
3. Concepção da documentação necessária para a construção do gerador apoiada na Engenharia de Software, como: levantamento de requisitos; diagrama de classe; diagrama de sequência; prototipação de telas e escolha da metodologia de desenvolvimento;
4. Definição da plataforma, linguagem de desenvolvimento, framework e sistema de gestão de banco de dados para ser utilizado no desenvolvimento da ferramenta;
5. Desenvolvimento do gerador automático e composição da extensa base de dados necessária para o funcionamento da ferramenta;
6. Definição de um mini-corpus da Libras retirado de um contexto real que seria utilizado nos experimentos de teste;
7. Executar os experimentos de teste na ferramenta com o objetivo de aferir a qualidade da geração dos sinais em SignWriting, realizando a geração de um gíbi e realizar o comparativo dos sinais gerados com materiais pré-existentes na base da SignWriting.org.

Essa pesquisa contribuiu para o desenvolvimento de um gerador automático dos sinais da Libras em SignWriting por meio do CORE-SL. Como resultado concreto, foi fornecido uma ferramenta que pode ser integrada aos demais módulos da Arquitetura HCI-SL, a fim de que com a integração diversos outros serviços possam ser realizados. A finalização do gerador e pesquisa de tese atinge contribuições específicas em:

1. Disponibilização de uma ferramenta de geração automática da escrita dos sinais da Libras em SignWriting para a Comunidade Surda e toda sociedade em geral que tem o interesse na área;
2. Contribuição para a integração modular da Arquitetura HCI-SL para futuras gerações de materiais que possam servir no acesso à informação da Comunidade Surda.
3. Prova de conceito que o CORE-SL pode representar computacionalmente por meio de regras formais qualquer LS.

Esta tese está organizada se iniciando com a atual Introdução, partido para um Referencial Teórico, onde são apresentadas as Línguas de Sinais, a Língua Brasileira de Sinais, o registro das Línguas de Sinais e os tipos de sistemas existentes para isso, e por fim o sistema de escrita SignWriting. Após essa seção, é apresentado o Contexto de Trabalho que o projeto de tese está inserido com a Arquitetura HCI-SL e o Modelo CORE-SL.

Ainda são apresentadas na próxima seção, as Ferramentas Computacionais de Apoio ao SignWriting existentes na literatura. Após essa parte teórica, é apresentado o desenvolvimento do projeto em si, os experimentos de avaliação e a Conclusão e os Trabalhos Futuros.

## 2 Percurso Teórico

Este capítulo tem como objetivo demonstrar o estado da arte do tratamento do problema desta tese. A revisão bibliográfica foi dividida em: Línguas de Sinais, Língua Brasileira de Sinais, Sistemas de Transcrição e Sistemas de Transcrição em Glosa, Sistemas de Marcação, Sistemas de Codificação, Sistemas de Escrita e Sistema de Escrita SignWriting.

### 2.1 Línguas de Sinais

As línguas de sinais são línguas de modalidade gestual espaço-visual. A modalidade tem como característica a realização da comunicação por meio de movimentos sinalizados (mão, braço e antebraço) e expressões não-manuais (expressões faciais e movimentos corporais de cabeça e tronco) percebidos pela visão. Esta é uma das diferenças entre as línguas de sinais e as línguas oral-auditivas, como o Português, que utiliza os sons como meio de comunicação (de Araujo Lima (2006)).

As línguas de sinais são línguas naturais. Possuem diversas características que as definem com caráter específico e que as diferenciam dos demais sistemas de comunicação, conceituando-as como sistemas linguísticos legítimos, capazes de proporcionar aos surdos o meio adequado para a realização de todas as suas potencialidades linguísticas (de Quadros e L. B. Karnopp (2005)).

É comum encontrar leigos que acreditam que as línguas de sinais são apenas uma mistura de pantomima (mímica) e gesticulação, incapaz de expressar conceitos abstratos. Mas, ao contrário, elas são línguas complexas, únicas, com conteúdo, significados próprios, estrutura gramatical e capacidade de expressão ampla e profunda, equivalente aos sistemas de comunicação oral (de Quadros e L. B. Karnopp (2005)).

Outra característica em que existe desconhecimento relativo às línguas de sinais se refere a sua suposta universalidade. Os Surdos não conseguem se comunicar entre si utilizando sua língua de sinais materna em qualquer parte do mundo. Isso porque as línguas de sinais são diferentes umas das outras, assim como ocorre nas línguas orais. Cada país possui seu sistema de língua de sinais, como a ASL (American Sign Language), nos Estados Unidos, e a LGP (Língua Gestual Portuguesa), em Portugal (da Silva Rosa (2005a)). Como a língua é uma parte da cultura de um povo, é, portanto, fundamental que cada país tenha suas particularidades linguísticas.

Como dito na Introdução, no Brasil, a língua oficial dos surdos é a Libras.

### 2.2 Libras –Língua Brasileira de Sinais

A Língua Brasileira de Sinais é o sistema linguístico legítimo natural utilizado pela Comunidade Surda Brasileira. Ela possibilita o desenvolvimento linguístico, social e intelectual daquele que a utiliza como instrumento comunicativo, favorecendo seu acesso ao conhecimento



cultural-científico, bem como a integração ao grupo social ao qual pertence. A Libras expressa sentimentos, estados psicológicos, conceitos concretos e abstratos e processos de raciocínio. Sua forma de representação guarda especificidades que a diferencia das línguas naturais orais, como a Língua Portuguesa, mas, ao mesmo tempo, possibilita a expressão de qualquer conceito ou referência de dados da realidade (Fernandes (2007)).

A Libras foi oficializada em 2002. Entretanto, a Línguas de Sinais no país já são utilizadas desde 1856, quando o educador francês de Surdos Ernest Huet trouxe o Alfabeto Datilológico Francês, juntamente com alguns sinais que deram início a Libras. No começo de 1857, foi oficializado o Imperial Instituto dos Surdos-Mudos (atual INES - Instituto Nacional de Educação de Surdos) que, em conjunto com elementos da Língua Francesa de Sinais e de alguns sinais já utilizados por Surdos brasileiros, impulsionou o nascimento natural da Língua Brasileira de Sinais (da Silva Rosa (2005b)).

Apesar da longa história das línguas de sinais (mais de um século de utilização), não existe, até o momento, a prática da sua escrita. Como consequência, os Surdos continuam excluindo o Surdo socialmente, pois eles precisam recorrer ao texto escrito na língua oral do país onde vivem, e o ensino dessa língua é realizado pelo método do oralismo, inapropriado para os Surdos.

## 2.3 Registro das Línguas de Sinais

As pesquisas relacionadas às línguas de modalidade gestual-visual ganharam espaço nos últimos anos, mais precisamente a partir da década de 90 e, entre elas, estão as que se referem ao seu registro. Com os avanços tecnológicos surgiram sistemas de marcação que permitiram transcrever e analisar, por meio de computador, dados filmados previamente. Os registros podem ser feitos por sistemas de transcrição ou de escrita de sinais.

Os tradutores automáticos evoluíram nas últimas décadas e, embora as LS tenha trazido novos desafios, muito conhecimento pode ser aproveitado para elas. A tecnologia disponível permite a tradução com qualidade entre as línguas de modalidade oral-auditiva e a tradução entre línguas de caráter oral-auditivo e línguas de sinais está próxima.

Atualmente, há, também, pesquisas sobre a Libras, material didático-pedagógico, dicionários e algumas instituições desenvolvendo investigação na área de tradução semiautomática e criação de avatares. Essas pesquisas envolvem sistemas de transcrição, sistemas de marcação, sistemas de codificação e sistemas de escrita para línguas de sinais.

### 2.3.1 Sistemas de Transcrição e Sistemas de Transcrição em Glosa

As línguas de sinais adquiriram o status de língua somente após as pesquisas de Stokoe (1960b) e seu grupo, que descreveram a American Sign Language – ASL. Apesar de existirem alguns outros sistemas anteriores à pesquisa, este é considerado o primeiro sistema de transcrição para línguas de sinais. A partir de pressupostos teóricos da linguística estruturalista, o grupo propôs uma transcrição em que permitia apresentar os sinais de uma língua de modalidade gestual-visual em seu nível fonológico.

Outro sistema relevante às pesquisas é o Hamburg Sign Language Notation System – HamNoSys, desenvolvido na Universidade de Hamburgo. Ele é um sistema semelhante ao de alfabetos escritos e utiliza quatro parâmetros: configuração de mão, localização e movimento, com a finalidade de descrever linguisticamente sinais isolados. A base dele é o Sistema de Stokoe e tem um conjunto de aproximadamente 200 símbolos para a transcrição fonética de sinais.

No Brasil, a partir desses sistemas de transcrição já utilizados por linguistas em outros países, houve a necessidade de realizar adaptações para representar a Libras a partir de glosas em Língua Portuguesa. Felipe (1989), para apresentar seus dados sobre a estrutura frasal coletados na Associação de Surdos de Pernambuco a partir de filmagens de conversações e narrativas espontâneas, criou um sistema de transcrição em glosa. Este representava sinais da Libras por meio de palavras em Português e de sinais gráficos e tipográficos e, por isso, teve que fazer modificações e acréscimos às convenções utilizadas por linguistas que utilizavam glosas em Língua Inglesa.

### 2.3.2 Sistemas de Marcação

Ao trabalhar com línguas e sinais e seu registro, muitos pesquisadores encontram dificuldades na busca em extensos bancos de dados armazenados, principalmente para efetuar estudos comparativos entre trechos de vídeos. Com o surgimento de softwares de conversão da modalidade oral para a modalidade escrita, também surgiram os sistemas de marcação para o tratamento computacional e de notação de dados para diversas línguas, incluindo as línguas de sinais.

Esses sistemas auxiliaram os pesquisadores na marcação dos dados em vídeo, relacionando informações linguísticas com os dados originais, organizando-as em linhas ou trilhas definidas pelos usuários do programa, que têm a possibilidade de escolher as propriedades linguísticas que deseja analisar.

O problema destes anotadores é que eles foram especialmente concebidos para o trabalho com material de multimídia, não sendo ainda possível a inclusão de fotografias, desenhos ou descrições de dicionário. Mesmo com estas restrições, estes sistemas de marcação têm permitido a transcrição dos dados de línguas de modalidade oral-auditiva e gestual-visual coletados e armazenados em multimídia e em cartão de memória

### 2.3.3 Sistemas de Codificação

A evolução tecnológica possibilitou a criação de novos tipos de sistemas: os de codificação. Eles são ferramentas de pesquisa que permitem que linguistas e pesquisadores de Processamento de Linguagem Natural formalizem descrições linguísticas para uma possível classificação via computador. A criação deste tipo de sistema exige, sobretudo, altas explicitação, simplicidade, transparência e, principalmente, facilidade de armazenamento e rápida recuperação de dados.

O maior projeto destes sistemas de codificação é o SignPhon, que conta códigos alfanuméricos e detalhados para mais de 3000 sinais da Língua de Sinais Holandesa e outras (Hulst e Channon (2010)). Em Libras, existem alguns sistemas como o: XML2 (Antunes (2011)); F-Libras (Baptista (2007)) e LIST (GP-Libras-FENEIS (2005)).

### 2.3.4 Sistemas de Escrita

Em 1974 surgiu a primeira proposta para que as línguas de sinais deixassem de ser “ágrafas” e pudessem ter registro escrito formal para transmissão pela escrita. Dessa forma, os surdos poderiam ler e produzir textos informativos, acadêmicos, literários, entre outros, em suas línguas de sinais, como também as crianças surdas poderiam ser “alfabetizadas” em sua primeira língua (Felipe (2014)).

Porém, ainda existem poucos estudos que apresentam propostas para o desenvolvimento da escrita do Surdo. Dessa forma, muitos continuam com dificuldades para aprender a ler e a



escrever em sua língua de sinais. Além disso, há um grande número deles que não têm acesso a práticas discursivas significativas que os levem a dominar a linguagem escrita. Diante disso, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que façam um diagnóstico a respeito da estruturação dos textos dos surdos, abordando principalmente a coesão e a coerência.

Um dos pontos que podem levar a não aceitação total da escrita pelas Comunidades Surdas é pelo fato de existirem outras formas de comunicação e registro de sinais mais fáceis que a escrita em si com o uso da tecnologia.

## 2.4 SignWriting – Sistemas de Escrita para as Línguas de Sinais

O mais completo e mais utilizado sistema de escrita de línguas de sinais é o SignWriting. Seus componentes permitem que as línguas de sinais sejam representadas de forma gráfica. Segundo Capovilla e Raphael (2001), o SignWriting objetiva ser mais que um sistema de notação científica de descrição de sinais, pois tem como objetivo ser um sistema prático para a escrita dos sinais, possibilitando a comunicação escrita rápida e inequívoca por Surdos em seu cotidiano. O SignWriting é um sistema robusto e capaz de representar graficamente qualquer língua de sinais, funcionando com um sistema alfabético no qual as unidades gráficas correspondem às unidades que formam os sinais (da Rocha Costa e Dimuro (2003)).

O sistema foi desenvolvido pela norte-americana Valerie Sutton na década de 70, quando a pesquisadora estava na Universidade de Copenhague, Dinamarca, grafando balés tradicionais a partir de um sistema criado para essa finalidade, o DanceWriting (Stumpf (2000a)). Sutton despertou a atenção de pesquisadores da Língua de Sinais Dinamarquesa na Universidade de Copenhague, que viram naquela escrita uma possibilidade para notação dos sinais utilizados na comunicação/interação das pessoas que utilizam as línguas visuais. Surgia então, o primeiro movimento para grafar as línguas de sinais. Hoje já são mais de vinte e sete países que utilizam o SignWriting em escolas, universidades, associações e áreas ligadas às comunidades surdas (Sutton (2013a)).

O SignWriting é um sistema com todo o potencial para representar a Língua Brasileira de Sinais, pois dispõe de símbolos gráficos que facilitam a descrição e a compreensão dos sinais representados. Ele tem uma estrutura composta de quatro elementos básicos: mãos, movimentos, expressões faciais e corpo e abrange uma grande quantidade de parâmetros que os demais sistemas de escrita não envolvem, nem o Sistema de Stokoe, apresentado anteriormente.

As expressões faciais e os movimentos do corpo são imprescindíveis para a representação dos sinais. Os elementos para a representação das mãos são as configurações de mão, sua orientação e seu movimento. Esses parâmetros possibilitam a distinção dos tipos de contato efetuados entre uma ou as duas mãos e o resto do corpo. O sistema possui cerca de novecentos símbolos que oferecem precisão à notação dos símbolos gestuais, embora muitas vezes não sejam indispensáveis na compreensão de alguns sinais (Stumpf (2005)). Além dos elementos básicos do sistema, o número de símbolos revela a complexidade do mesmo e, sua organização é observada na Tabela 2.1. Por possuir essas características, foi o sistema de escrita escolhido para o desenvolvimento da ferramenta de geração.

### 2.4.1 Símbolos Manuais

Tanto para a leitura como para a escrita dos sinais, é como se a pessoa que está sinalizando estivesse olhando para suas próprias mãos a partir da sua própria perspectiva (2.1).

Na Figura 2.2, é possível observar a perspectiva já explicada e também uma das orientações da mão. Quando o sinalizador vê a palma de sua própria mão enquanto está

Tabela 2.1: Grupos do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

<b>Grupos do SignWriting</b>	
	Orientações e posições de mãos
	Tipos de contatos
	Configurações de mãos
	Movimentos de dedos
	Movimentos de braços
	Orientações e posições de mãos
	Tipos de contatos
	Configurações de mãos
	Movimentos de dedos
	Movimentos de braços e apontamentos (retos, curvos, flexões, rotação, circulares)
	Expressões faciais
	Localizações de símbolos da cabeça
	Movimentos de cabeça
	Orientações de olhar
	Movimentos de corpo
	Símbolos de pontuações
	Dinâmicas de movimentos



Figura 2.1: Perspectiva da Palma nos Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

sinalizando, o símbolo para a mão deve ser branco ou transparente. Quando ele vê o lado de sua mão enquanto sinaliza, o símbolo será metade preto, metade branco. A parte branca do símbolo mostra onde a palma da mão está e a parte escura representa o dorso da mão. Quando a pessoa vê a parte de trás de sua própria mão enquanto está sinalizando, o símbolo para a mão será preto(ou escuro).

Outra importante orientação quando se trata das configurações de mão é se sua visão é paralela ao plano da parede (vertical) ou paralela ao plano do chão (horizontal). Quando a imagem possui um pequeno espaço em branco em seu contorno (destaque Figura XX), essa configuração de mão está no plano paralelo ao chão. Quando a imagem não possui esse espaço vazio, a configuração de mão está no paralelo à parede. Existem dez grupos de símbolos para representar as mãos (2.3). Esses símbolos são classificados de acordo com quais dedos são usados na articulação do sinal. As configurações de mão de todas as línguas de sinais podem ser representadas por esses símbolos.

As regras de orientação (2.2 e 2.1) são aplicadas a todas as 10 configurações de mão.

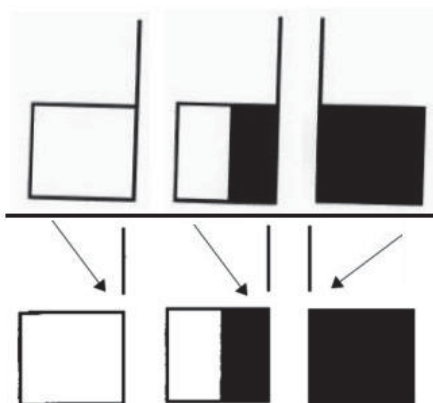


Figura 2.2: Perspectiva do Plano nos Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

Grupo 1:		Indicador	Grupo 6:		Dedo Mínimo – Polegar
Grupo 2:		Indicador – Médio	Grupo 7:		Dedo Anular – Polegar
Grupo 3:		Indicador – Médio – Polegar	Grupo 8:		Dedo Médio – Polegar
Grupo 4:		Quatro Dedos	Grupo 9:		Dedo Indicador – Polegar
Grupo 5:		Cinco Dedos	Grupo 10:		Polegar

Figura 2.3: Grupos de Símbolos Manuais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

## 2.4.2 Símbolos de Contato

Da mesma maneira que os símbolos de contato, o SignWriting possui 6 símbolos para a representação gráfica dos movimentos realizados pelos dedos durante a execução do sinal (2.4). Esses símbolos são referentes aos movimentos da articulação média e proximal.

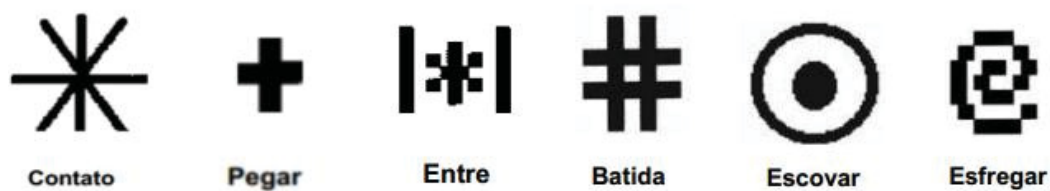


Figura 2.4: Símbolos de Contato do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

É possível descrever estess símbolos como:

- **Contato:** é escrito com um asterisco. Toque é definido com a mão gentilmente em contato com outra parte do corpo;
- **Pegar:** é escrito com um sinal de adição. Pegar é definido com a mão pegando uma parte do corpo ou um pedaço da roupa;
- **Entre:** é definido com um asterisco entre duas linhas. Entre é definido com um toque entre duas partes do corpo que passam uma através da outra, geralmente entre dedos;

- **Batida:** é escrito com duas linhas cruzando duas linhas. Bater é definido com uma mão fortemente em contato com uma superfície;
- **Escovar:** é escrito com um círculo com um ponto preto no centro. Escovar é definido com um movimento que tem contato e depois sai de uma superfície;
- **Esfregar:** é escrito com um símbolo de espiral. Esfregar é definido como um contato que move, mas permanece na superfície.

### 2.4.3 Símbolos de Movimento de Dedos

Da mesma maneira que os símbolos de contato, o SignWriting possui 6 símbolos para a representação gráfica dos movimentos realizados pelos dedos durante a execução do sinal (2.5). Esses símbolos são referentes aos movimentos da articulação média e proximal.



Figura 2.5: Símbolos de Movimento de Dedos do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

É possível descrever estes símbolos como:

- **Articulação Média Fecha:** Quando a articulação média do dedo fecha (flexiona) este movimento do dedo fechado é escrito com um ponto preto (preenchido). O ponto é colocado perto da articulação do dedo que faz o movimento. Dois pontos representam dois movimentos de flexão.
- **Articulação Média Abre:** Quando a articulação média do dedo abre (estende), este movimento do dedo abrindo é escrito com um ponto branco (não preenchido). O ponto é colocado perto da articulação do dedo que faz o movimento. Dois pontos representam dois movimentos de extensão.
- **Articulação Proximal Fecha:** Quando a articulação proximal do dedo flexiona, este movimento da articulação fechando é escrito com uma pequena seta que aponta para baixo. A seta é colocada perto da articulação proximal que faz o movimento. Duas setas indicam dois movimentos de flexão.
- **Articulação Proximal Abre:** Quando a articulação proximal do dedo estende, este movimento da articulação abrindo é escrito com uma pequena seta apontando para cima. A seta é colocada perto da articulação proximal que faz o movimento. Duas setas indicam dois movimentos de extensão.
- **Articulação Proximal Abre-Fecha:** Os dedos se movem juntos na mesma direção, como um só. As articulações proximais dos dedos estendem e flexionam (para cima ou para baixo). Este movimento da articulação proximal de abrir-fechar é escrito com uma série de pequenas setas conectadas apontando para cima e para baixo.
- **Articulações Proximais Alternadas:** Os dedos não se movimentam juntos como um só. Eles se movem em direções opostas. Um se move para cima, enquanto os outros se movem para baixo (alternados). O símbolo do movimento alternado da articulação proximal é escrito com duas séries de pequenas setas apontando para cima e para baixo.

#### 2.4.4 Símbolos de Movimento

Para representação dos movimentos realizados pelas configurações de mão o sistema usa setas. Estas setas possuem algumas características especiais referentes ao plano que ele é executado e a qual das mãos que realiza ou até mesmo se é realizado pelas duas mãos. Essas setas possuem várias formas e direções para representar o sentido e a trajetória do movimento.

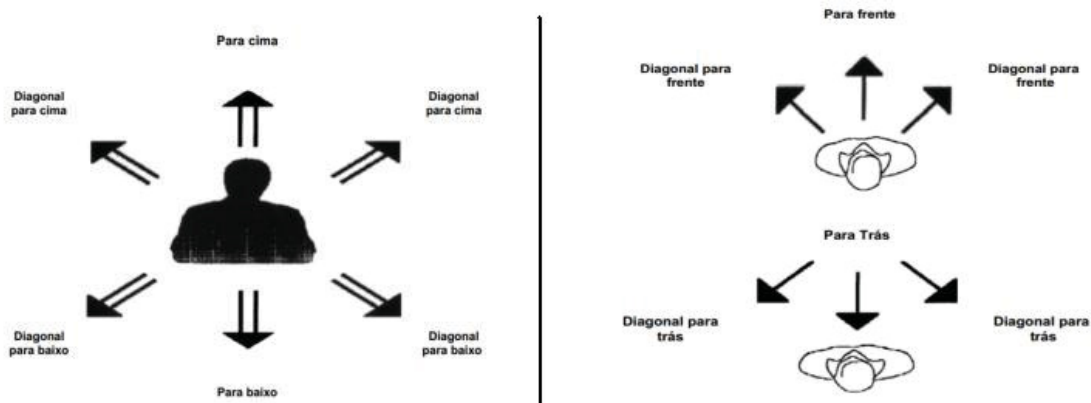


Figura 2.6: Setas de Movimento com Referência ao Plano - Adaptado de Antunes (2011)

A seta com haste dupla é para representar o movimento realizado no Plano da Parede (Vertical), ou seja, usada para os movimentos para cima e para baixo, com suas variações. As setas com haste simples são para representar o movimento no Plano do Chão (Horizontal), ou seja, para frente e para trás e suas variações (2.6)

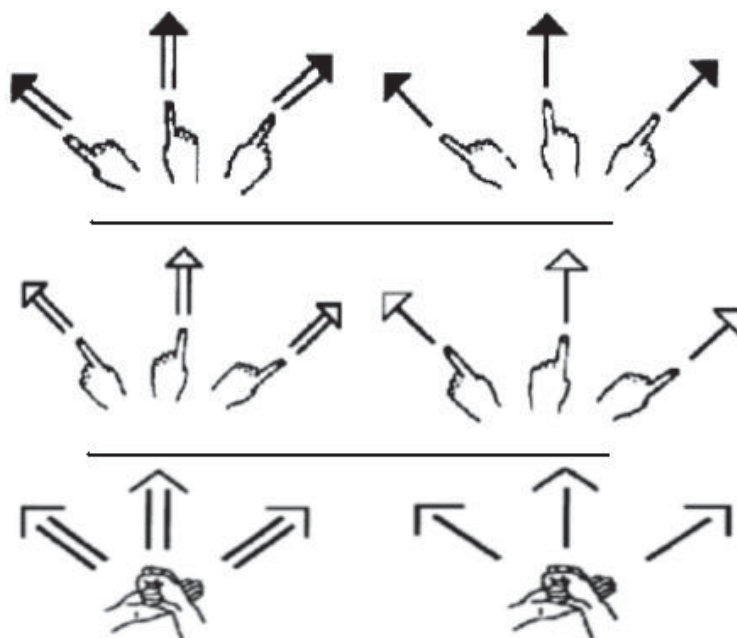


Figura 2.7: Setas de Movimento com Referência às Mãos - Adaptado de Antunes (2011)

Na Figura 2.7, observamos que o movimento com a mão direita é escrito com setas preenchidas (pretas). O movimento com a mão esquerda é escrito com setas não preenchidas (brancas) e quando as mãos estão em contato e se movem na mesma direção, elas se movem como uma unidade. O movimento é da mão direita e da mão esquerda, unidas. É escrito com

uma seta neutra, que não é nem preta nem branca. Todas as setas de movimento seguem esse padrão de classificação e podem possuir diversos sentidos: para o lado e para frente, para cima e para baixo, para diagonal e para o lado, entre outros.

### 2.4.5 Expressões Faciais

Último parâmetro do SignWriting são as expressões faciais, que são parâmetros que diferem esse sistema de escrita de muitos outros existentes e contribui para sua universalidade. Os símbolos da face no SignWriting são divididos em 10 grupos (2.8): testa, sobrancelhas, olhos, olhar bochecha, nariz, boca, língua, dentes e outros.

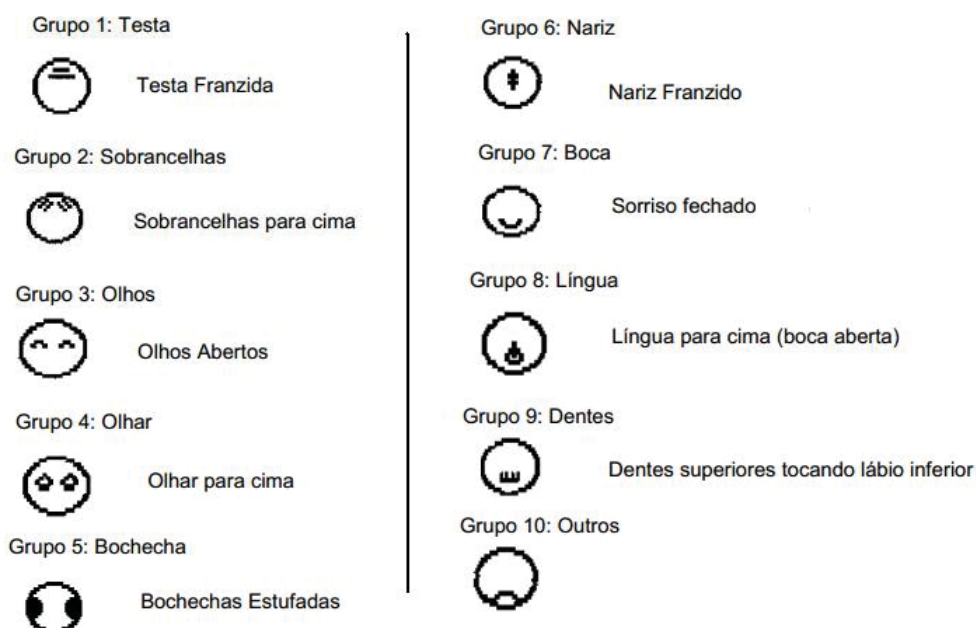


Figura 2.8: Expressões Faciais do SignWriting - Adaptado de Antunes (2011)

Todos estes parâmetros que compõe o SignWriting, dão a ele uma completude para a descrição das línguas de sinais de uma forma satisfatória, fazendo com que todas as línguas de sinais possam ser representadas. Apesar da sua robustez (resultando em uma grande complexidade), ele é o sistema ideal para o funcionamento do gerador em questão.



## 3 Contexto de Trabalho

Nesta seção serão apresentados os trabalhos que formam o contexto no qual essa tese está inserida, como a Arquitetura HCI-SL, que é um arcabouço e o CORE-SL utilizado como a estrutura de entrada da ferramenta, em que o usuário, por meio dele, insere as descrições dos sinais da Libras para tradução.

### 3.0.1 HCI-SL - Arquitetura Computacional Baseada na Interação Humano-Computador em Língua de Sinais

Esta tese faz parte de um arcabouço de trabalho de abrangência maior, que é conhecido como Arquitetura Computacional Baseada na Interação Humano-Computador em Língua de Sinais. Esta arquitetura, tem como principal objetivo proporcionar e desenvolver um ambiente integrado, a partir de um conjunto de hipóteses e estratégias metodológicas, com potencial de tratar, de forma correta, tanto do ponto de vista linguístico como computacional, as línguas de sinais. Na figura 3.1 é possível observar as três camadas que compõem a Arquitetura HCI-SL (García et al. (2013)):

1. **API Interna:** é a camada mais interna de API, que tem a responsabilidade de prover os serviços computacionais primários e necessários para que as ferramentas destinadas ao usuário final possam ser desenvolvidas. Nesta camada, são incluídos os sistemas de reconhecimento automático de sinais, o gerador de SignWriting, a síntese automática de agentes virtuais 3D, processos de PLN, os serviços relacionados ao CORE-SL, dentre outros. O acesso até estas aplicações é realizado através de requisições a um framework computacional, que dá suporte a esta arquitetura;
2. **API de Serviços:** é a segunda camada da arquitetura e tem por responsabilidade representar os recursos computacionais que utilizam os serviços da camada interna da API em sua constituição. Esta camada de serviços funciona de duas maneiras distintas. A primeira disponibiliza os sistemas para o usuário final (dicionários, tradutores, vocabulários controlados, ambientes virtuais de comunicação, entre outros) e a segunda provê estas capacidades como serviços na forma de API. Como por exemplo, pode-se citar qualquer aplicação que precise encontrar o significado de um determinado sinal ou realizar a tradução de certo conteúdo, que utilizar apenas o serviço da camada interna.
3. **Aplicações:** Esta é a camada que interage com os usuários finais, pois nela são oferecidas as capacidades a eles destinadas, tais como: Ambientes de Educação a Distância, Jogos, Sistemas para Letramento, entre outros.

O problema que motivou a criação desta arquitetura (García et al. (2013)) surgiu de um processo de pesquisa com participação continuada em uma Comunidade Surda, na qual foi



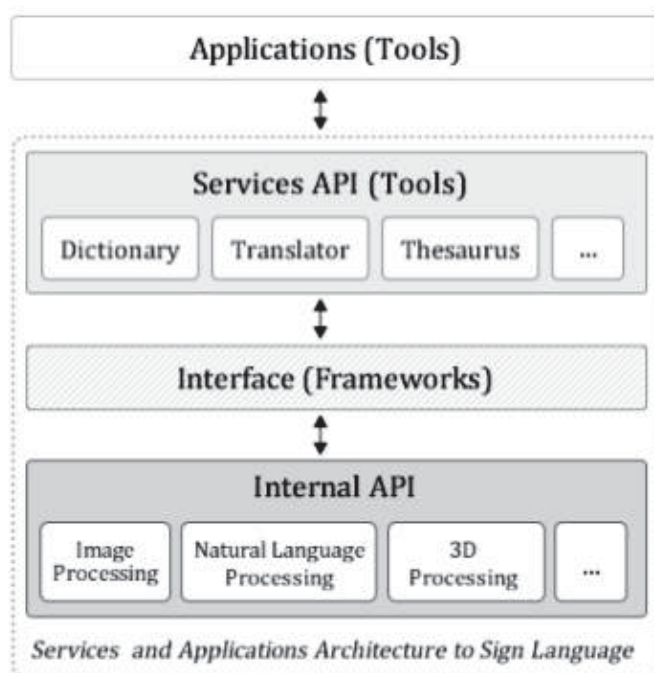


Figura 3.1: Camadas da Arquitetura HCI-SL - Retirado de García et al. (2013)

colocada a falta de ferramentas computacionais e de sistemas de informação capazes de viabilizar o acesso à informação e ao conhecimento destes indivíduos.

Na Figura dos módulos da Arquitetura exibida na Introdução, são apresentados os módulos e as relações específicas entre os serviços da Arquitetura HCI-SL. É possível observar a presença do Modelo Computacional para Representação de Sinais em uma Arquitetura de Serviços HCI-SL para Línguas de Sinais (CORE-SL), que funciona como um núcleo de software necessário para o suporte efetivo na construção de sistemas para os usuários finais, que são pessoas Surdas ou não, mas que fazem parte da Cultura Surda.

O CORE-SL tem um papel central na arquitetura, já que é o responsável pela representação computacional dos sinais. Além disso, o modelo atua nas funções computacionais básicas incluindo a inserção, a busca por similaridade, a atualização, a indexação, entre outros – todos aprofundados na próxima subseção.

### 3.0.2 CORE-SL - Modelo Computacional para Representação Computacional de Línguas de Sinais

Este Modelo Computacional tem a capacidade de representar qualquer sinal de qualquer língua de sinal existente, por meio de um formalismo, ou seja, uma metalinguagem que define regras formais. Ele é agregado por hipóteses que completam o uso computacional maior que os sistemas de escrita, de transcrição e de codificação, por tratar algumas questões fundamentais tais como: a verificação da forma correta na representação (por meio de regras), a complexidade do armazenamento e a recuperação, a similaridade (oferecer ao usuário opções semelhantes de sinais para uma entrada que não foi exata), fornecer a base para o desenvolvimento de frameworks que tratam outras questões específicas para a construção de aplicações em línguas de sinais, entre outras. O CORE-SL (Antunes (2015)) é composto por quatro camadas principais, apresentadas na Figura 3.2

1. **Camada Interna:** Camada que trata do armazenamento e do acesso aos sinais e seus similares. Trabalha com a indexação, a escalabilidade, a segurança, o desempenho e outras questões necessárias a esse tratamento computacional.
2. **Camada Conceitual:** Camada onde é feita a relação entre os modelos conceitual e formal, com o objetivo de descrever toda a estrutura e as regras necessárias à representação dos sinais da camada interna.
3. **Camada Externa:** Camada que realiza a apresentação dos dados aos usuários por meio de uma API que possibilita o uso das aplicações (módulos) da Arquitetura HCI-SL; camada onde são realizadas as operações básicas (inserção, formatação da saída e etc.) dos sinais.
4. **Camada de Uso:** aplicação específica do CORE-SL para auxiliar no processo de desenvolvimento de ferramentas da Arquitetura.

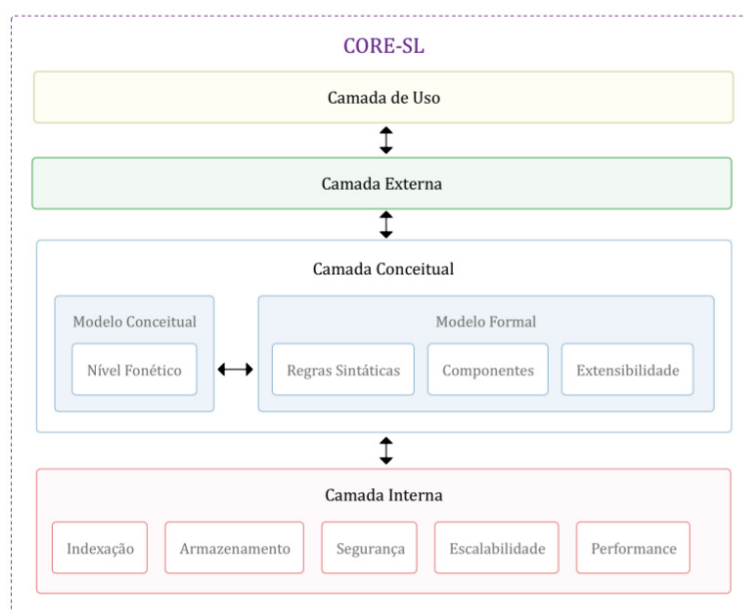


Figura 3.2: Camadas do CORE-SL - Retirado de Antunes (2015)

O desenvolvimento deste Modelo é uma continuação à pesquisa de mestrado de Antunes (2011), que desenvolveu uma modelagem em XML baseada no Modelo Baseado em Parâmetros e no Modelo Movimento-Suspensão para a Libras. Nesta pesquisa foi apresentado um estudo em relação à representação computacional dos sinais e uma discussão inicial sobre o problema da similaridade.

Antunes (2015) formaliza as subunidades fonéticas e seus respectivos valores na forma de um mapa conceitual e, posteriormente, modela cada descrição dos sinais em arquivos no formato XML seguindo os conceitos definidos no mapa. Uma visão macro do modelo conceitual é apresentado na Figura 3.3.

É possível separar este Modelo Computacional em dois níveis:

- **Nível Interno:** O nível conceitual tem papel fundamental em toda a arquitetura do modelo, pois deve definir os elementos e seus relacionamentos para a representação dos sinais em um alto nível de detalhamento. Esses elementos são abstraídos a partir da revisão dos modelos linguísticos e das modelagens computacionais (revisados na

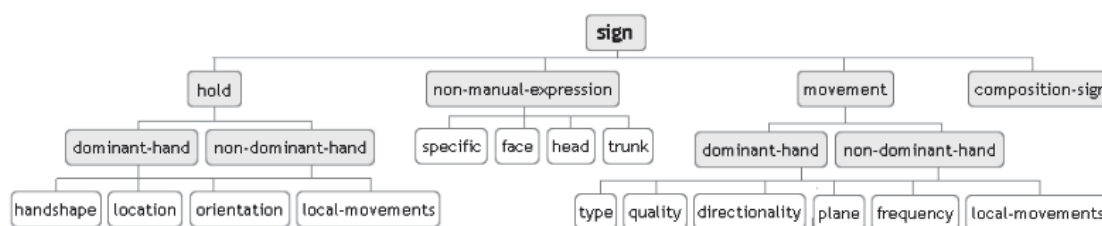


Figura 3.3: Estrutura da Descrição de Sinais do CORE-SL - Retirado de Antunes (2015)

fundamentação teórica). O resultado desta etapa do framework consiste de um modelo conceitual em formato de árvore que relaciona todas as subunidades fonéticas revisadas e seus valores. O objetivo deste modelo é apresentar uma visão ampla da árvore de elementos que compõem os sinais e formalizar os termos técnicos para auxiliar no desenvolvimento do nível formal.

- **Nível Externo:** O nível externo tem o papel de discutir as condições de uso para que o CORE-SL seja passível de aplicação nos contextos computacionais da Arquitetura HCI-SL detalhada na subseção anterior. Estas condições correspondem às propriedades que o CORE-SL precisa considerar para possibilitar seu uso no desenvolvimento de ferramentas na arquitetura. Este uso consiste em utilizar a sua estrutura técnica na forma de uma API ou em aplicá-lo como uma abordagem metodológica ou conceitual nos processos de desenvolvimento. Desta maneira, o nível externo analisou os contextos representados na Arquitetura HCI-SL (García et al. (2013)), com o intuito de abstrair e de descrever as propriedades externas do CORE-SL, tais como: reprodução, recuperação, usabilidade, dentre outras.

Este Modelo, além de ser base para o desenvolvimento do Gerador Automático que está em questão nesse projeto, é útil ainda para o desenvolvimento de outros trabalhos destinados às Comunidades Surdas. Alguns deles já estão em andamento, como:

- **Reconhecimento das Configurações de Mão da LIBRAS por Malhas 3D:** A pesquisa de mestrado de Porfirio (2013) utilizou a abordagem baseada em fonema (phoneme-based model), que o CORE-SL segue para a implementação de um sistema para o reconhecimento das configurações de mão da LIBRAS por meio de malhas 3D. O trabalho baseou-se a estrutura do CORE-SL em relação às configurações de mão e especifica um conjunto de características que deveriam ser reconhecidas pelo sistema. O trabalho utilizou como tecnologia um sensor de profundidade para analisar se a tecnologia poderia facilitar a implementação de sistemas de reconhecimento automático de sinais voltados ao usuário final. Os resultados indicaram uma eficiência na estratégia de reconhecimento proposto e forneceram subsídios para o desenvolvimento de um serviço de reconhecimento automático de sinais para os usuários finais no contexto da Arquitetura HCI-SL.
- **Avatar 3D para a Síntese de Sinais da LIBRAS:** O trabalho de mestrado de Gonçalves (2013) tratou do desenvolvimento de um avatar 3D para a síntese automática de sinais da LIBRAS, baseado na interpretação da versão em desenvolvimento do CORE-SL. O objetivo do trabalho foi interpretar descrições de sinais feitas por meio do CORE-SL em um formato XML e as reproduzir em um avatar 3D. Gonçalves está dando continuidade a pesquisa, no momento com foco nos sinais não manuais, correspondentes as expressões faciais.

- Existem outros trabalhos em desenvolvimento no momento que utilizam o CORE-SL como base.

Esse trabalho gerou resultados importantes para a geração de sinais em uma Língua de Sinais de maneira automática, o que pode possibilitar o desenvolvimento de diversos outros módulos da Arquitetura HCI-SL que necessitam de um Avatar 3D como um mecanismo para gerar a saída em Libras interpretada, tais dicionários e tradutores.

Este gerador está inserido na arquitetura HCI-SL que tem por objetivos tratar as LS adequadamente para proporcionar base a ferramentas e aplicações em Libras e, futuramente, apoiar os processos de tradução automática Português-Libras. As saídas em Libras serão a interpretação – por avatar inteligente, e a versão escrita – em SW.

## 4 Ferramentas Computacionais de Apoio Ao SignWriting

Alguns trabalhos encontrados representam o estado da arte em relação ao desenvolvimento de sistemas de informação para membros das comunidades de Surdos no Brasil e no mundo. Diversos estudos na área da Linguística deixam clara a ordem de grandeza da necessidade do desenvolvimento de ferramentas para o registro gráfico das línguas de sinais. Com isso, surgiram diversas iniciativas que têm por intuito auxiliar essas comunidades em relação ao aprendizado das línguas de sinais e o registro das línguas por meio do SignWriting. Não foram encontradas até o presente momento na literatura relacionada, ferramentas que tenham como objetivo a geração automática primitiva por primitiva de sinais da Libras em SignWriting, ou em qualquer outro sistema de escrita existente, o que justifica a presente tese e indica a possibilidade de ela ser inédita.

Existem sim, diversas ferramentas que oferecem suporte à escrita das línguas de sinais, como editores, tradutores, ferramentas de bate-papo, suporte a e-mails, teclados virtuais, avatares, entre outras. Nas subseções a seguir serão apresentadas as ferramentas existentes na literatura que podem ser consideradas como trabalhos relacionados, por darem apoio a este mesmo sistema de escrita. A revisão bibliográfica apresentada foi iniciada durante a pesquisa da dissertação e apresentada em Iatskiu et al. (2015) e estendida ao doutorado a partir de fontes mais recentes.

### 4.1 SignWriter

O SignWriter é um editor de textos para a escrita de língua de sinais que foi projetado pelo Deaf Action Committee for SignWriting – DAC e desenvolvido por Richard Gleaves. Sua última versão é a 4.4 (Gleaves (2004)).

A edição dos sinais é feita a partir do próprio teclado. Cada tecla representa um grupo de variações de um símbolo. Outra maneira de edição é por meio do dicionário do sistema, em que o usuário informa a palavra em Inglês e o editor retorna o sinal correspondente. Além disso, é possível imprimir, criar e abrir um novo arquivo, além de selecionar, copiar, procurar e excluir sinais já editados. A Figura 4.1 mostra a tela do editor SignWriter.

### 4.2 SignNet

O SignNet (Stumpf (2000b)) foi desenvolvido na Universidade Católica de Pelotas, buscando adaptar a tecnologia da Internet para as línguas de sinais e facilitar a educação especial dos Surdos. O SignNet é composto por quatro sistemas computacionais orientados à escrita das línguas de sinais: SWML (uma linguagem baseada em XML para interoperabilidade de software que opera com o sistema SignWriting de escrita de línguas de sinais), SW-WebMail (um sistema



Figura 4.1: Tela de trabalho da Ferramenta SignWriter - Extraído de Gleaves (2004)

de webmail para línguas de sinais, com um editor de mensagens em língua de sinais escrita implementado via script em página HTML dinâmica), SW-OCX (um controle para exibição de sinais escritos em páginas HTML), SW- Captioner (uma ferramenta para produção de legendas de vídeos, escritas em línguas de sinais).

### 4.3 SW-Edit

A Universidade Católica de Pelotas também desenvolveu outro sistema: o SW- Edit (Barth et al. (2002)). Os autores são os professores e pesquisadores Rafael Piccin Torchelsen e Antônio Carlos da Rocha Costa. O SW-Edit possui, como principal funcionalidade, a edição de textos em línguas de sinais, com base no sistema de escrita SignWriting. O sistema tem como capacidade a inclusão de textos na Língua Portuguesa, figuras e imagens, o drag & drop entre diferentes programas e armazenamento e a abertura de arquivos no formato SWML. A sua base de dados é expansível e possui um dicionário de sinais, disponível na forma de arquivos na Web.

A edição de sinais é feita por meio de buscas em conjuntos de primitivas do SignWriting e com o paradigma ‘clique e arraste’ para o posicionamento da primitiva selecionada em uma grade para a formação do sinal, como podemos observar na Figura 4.2.

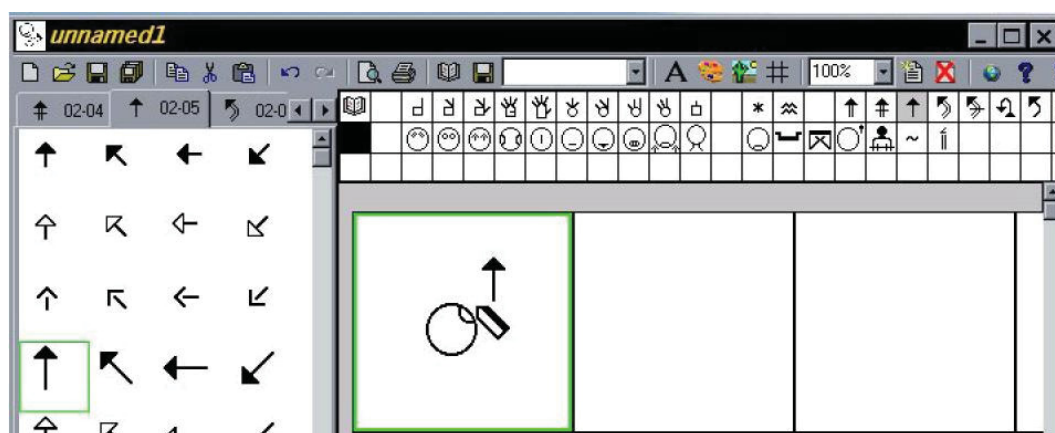


Figura 4.2: Tela principal da Ferramenta SW-Edit - Barth et al. (2002)



## 4.4 SignTalk, SignSim e SignEd

O SignTalk (Campos (2008)), desenvolvido também por professores da Universidade Católica de Pelotas, é uma ferramenta de chat que permite comunicação síncrona entre seus usuários, tanto na Libras quanto em Português. É composto por duas aplicações: SignTalk servidor e cliente. O servidor é responsável em disponibilizar as salas para o bate-papo, enquanto, a partir do cliente, os usuários participam da interação. É possível escolher uma entre dez salas de bate-papo que se deseja participar. Também é possível optar por receber as mensagens em Libras, português ou ambas, bem como qual a língua que irá se utilizar para escrever as mensagens. Além disso, os usuários podem visualizar os sinais com o auxílio de um personagem 3D e podem construir uma base pessoal de sinais, incluindo, alternando ou apagando suas entradas.

O SignSim é uma ferramenta para tradução entre a Língua Brasileira de Sinais representada em SignWriting e a Língua Portuguesa e vice-versa: o módulo de escrita de sinais, que utiliza a mesma base de dados do SignEd, e o módulo de escrita da língua oral do País, Português. O sistema possui uma área para a entrada do texto a ser traduzido e oferece ao usuário a possibilidade de traduzir, imprimir, salvar ou abrir um texto salvo anteriormente. As interfaces dos três módulos da ferramenta são mostradas na Figura 4.3.



Figura 4.3: Telas principais das Ferramentas - Campos (2008)

## 4.5 SignPuddle

O SignPuddle é a ferramenta mais usada em SignWriting, sendo a principal ferramenta da Organização SignWriting.org (Sutton (2013a)), que é a principal organização do mundo que trabalha com SignWriting, chefiada pela inventora deste sistema de escrita, Valerie Sutton e que tem como principal desenvolvedor Steve Slevinski.

O SignPuddle possui diversas funcionalidades como: criação de documentos em SignWriting, ferramenta de dicionário, criador de sinais no e-mail, editor simples de sinais, além de pesquisa por símbolos, explicações sobre símbolos, palavras, símbolos em frequência, etc. Atualmente está na versão 2.0, atraindo muitos usuários por possuir um suporte multilíngue (mais de 80 línguas) com código único, armazenamento de textos em várias versões e a facilidade de exportar materiais em PDF, como observamos na Figura 4.4.

O suporte oferecido aos usuários é de alta qualidade. Há um manual de ajuda completo e extremamente elaborado, grande número de lições para aprendizado da ferramenta e do sistema de escrita, e ajuda on-line para o usuário ter acesso a um feedback dos desenvolvedores em um curto espaço de tempo.





Figura 4.4: Interface do SignPuddle - Extraído de Sutton (2013a)

## 4.6 Projeto SignTyp

O projeto SignTyp (Channon e Butler (2010)) ainda está em construção. É desenvolvido com recursos do National Science Foundation em parceria com a Universidade de Connecticut, Harry van der Hulst and Rachel Channon of Sign Language Investigations e o Center for Sutton Movement Writing. Estão sendo desenvolvidos dicionários para quinze línguas de sinais diferentes disponíveis na internet e que possuem três módulos: vídeos de Surdos sinalizado na língua de sinal do seu país, imagens para descrição de cada sinal e o SignWriting para cada sinal. A ideia é de existir mil sinais por idioma. O objetivo é que as pessoas Surdas consigam interagir com o software, olhando vídeos, fotos e o SignWriting, podendo assim, aprender mais sobre diferentes línguas de sinais e sua grafia. Um ponto de destaque no software é que a comunidade acadêmica de 15 países foi convidada para auxiliar no projeto.

Passos para fazer parte deste projeto:

- Os vídeos usados na ferramenta estão disponíveis em sites e com uso aberto, como YouTube. O participante deve concordar com isso;
- Quando o usuário permite que o vídeo possa ser usado, a Universidade de Connecticut e os demais participantes do projeto, podem usá-los em conferências, artigos, etc. Os vídeos podem ser editados para melhor utilização (cortado, melhorar contraste, etc);
- Se o vídeo enviado for útil ao projeto, ou seja, é claro e transcreve a necessidade, então o fornecedor é recompensado financeiramente;

- Não é obrigatório se identificar nos vídeos, podendo até utilizar apelido ou nome fantasia.
- Objetivos Acadêmicos do Projeto:

- Estabelecer a informação comparativa sobre as propriedades específicas dos tipos de sinais ou "extratos" de léxicos de cada língua de sinais (origem dos sinais);
- Desenvolver e testar teorias sobre dependências (restrições de co-ocorrência) entre propriedades de sinais;
- Estabelecer a informação comparativa sobre iconicidade, ou seja, como as línguas diferem no que diz respeito à codificação icônica e propriedades semânticas;

- Gerar informação comparativa sobre as diferenças entre línguas de sinais e falada de cada país;
- Estabelecer linhas de base para a compreensão do grau de semelhança entre línguas de sinais e o seu parentesco histórico.

A principal contribuição do projeto é encontrar características universais nas línguas de sinais. Com esse intuito, os autores utilizaram a coleta de dados de fontes distintas. Se essas semelhanças puderem ser encontradas, a pesquisa pode constituir-se a um grande avanço no estudo das línguas de sinais. A interface da ferramenta pode ser vista na Figura 4.5.

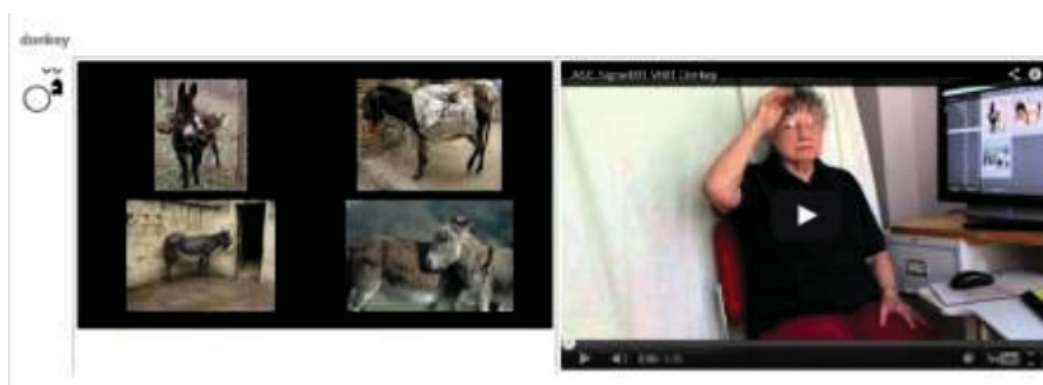


Figura 4.5: Interface do Projeto SignTyp - Adaptado de Channon e Butler (2010)

## 4.7 SignWriter Studio

Signwriter Studio foi desenvolvido por Duncan (2009) com o objetivo de fornecer um ponto para facilitar a aprendizagem do SignWriting a iniciantes. Os seus criadores afirmam que a sua aplicação é a primeira forma de imprimir listas de sinais ajudando as pessoas a aprender vocabulário de língua gestual. No início, foram utilizadas imagens das pessoas sinalizando, mas após um tempo, foi decidido que símbolos SignWriting seriam acrescentados ao sistema, tornando-se assim, um conjunto rico de recursos, também gratuito.

A ferramenta possui recursos para ajudar iniciantes: seletores de símbolos para visualizar os planos de palma e direção de mão, nome do símbolo nos documentos para facilitar o entendimento dos símbolos, pesquisar por categorias de símbolos (mão, dedos, etc.). Como recursos gerais, ela apresenta uma lista de símbolos favoritos para facilitar acesso, um teclado especial e o mouse que ajuda a interação, a busca rápida por sinal, suporte para a maior parte das línguas de sinais existentes, compatibilidade com outras ferramentas da SignWriting.org, possibilidade de execução local, reordenação de sinais com clique e arraste, adicionar novos sinais, edição de tamanhos e cores dos símbolos e posicionamento rápido dos símbolos (Figura 4.6). A ferramenta tem um empecilho: está disponível somente para a plataforma Microsoft.

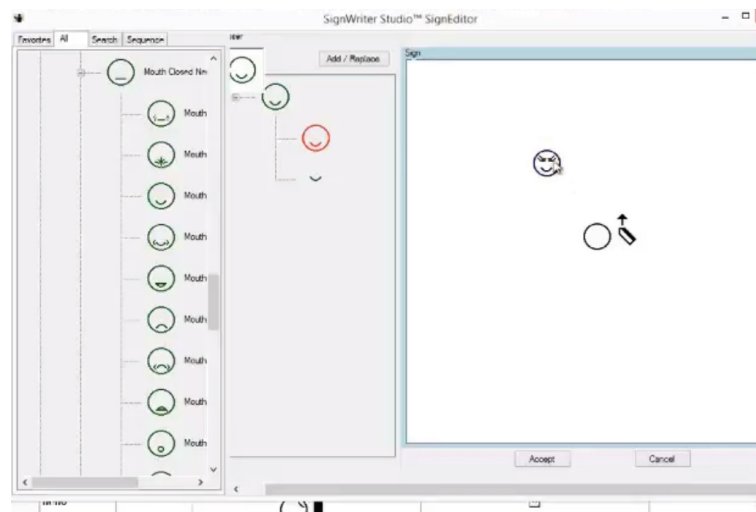


Figura 4.6: Interface do SignWriter Studio - Extraído de Duncan (2009)

## 4.8 Delegs SignWriting Editor

Stefan Wöhrmann é um professor de crianças Surdas que usou por diversos anos o software SignWriter, que ainda está na plataforma em DOS, para criar um dicionário com suporte a Língua Gestual Alemã. Porém, a precariedade da ferramenta acabou lhe inviabilizando o alcance do objetivo final. Após um tempo, ele conheceu o SignPuddle e identificou uma oportunidade de continuar seu trabalho, mas percebeu que era preciso algo a mais. Foi assim que criou uma nova ferramenta: o editor Delegs. A ferramenta foi desenvolvida na Universidade de Hamburgo - Alemanha, a partir de uma estreita colaboração entre cientistas da Computação e a união de Surdos e educadores.

A ferramenta de software leva em conta os desejos e as necessidades práticas bilíngues de professores e alunos no cotidiano escolar. O desenvolvimento ainda não está completo, contudo há esforços para reforçar as capacidades deste software através de um projeto de desenvolvimento corrente, sendo uma aplicação Web disponível gratuitamente.

DELEGS, ou "delegs" é um acrônimo alemão que, na língua falada em questão, significa "Aprenda alemão com SignWriting" ("Deutsch lernen mit GebärdenSchrift"). O trabalho iniciou como um portal para as pessoas Surdas que querem melhorar suas habilidades de leitura e escrita com base na linguagem gestual alemã. Hoje, oferece suporte a várias línguas de sinais como a American Sign Language (ASL), a Deutsche Gebärdensprache (DGS), a Lengua de Signos Española (LSE), a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), e a línguas faladas como o Inglês, o Alemão, o Espanhol e o Português (Wöhrmann (2016)). Eles pretendem, com o tempo, ampliar seu suporte para outras línguas de sinais.

O funcionamento é simples: O usuário digita uma palavra e o sinal equivalente aparece escrito (Figura 4.7). Os desenvolvedores acreditam que é possível escrever frases de língua gestual, redigir documentos com facilidade e rapidez, criar documentos bilíngues com língua de sinais escrita e língua falada, desligar qualquer idioma para fins de aprendizagem, traduzir livros didáticos para os alunos em linguagem de sinais escritos, produção de documentos PDF com facilidade, etc.

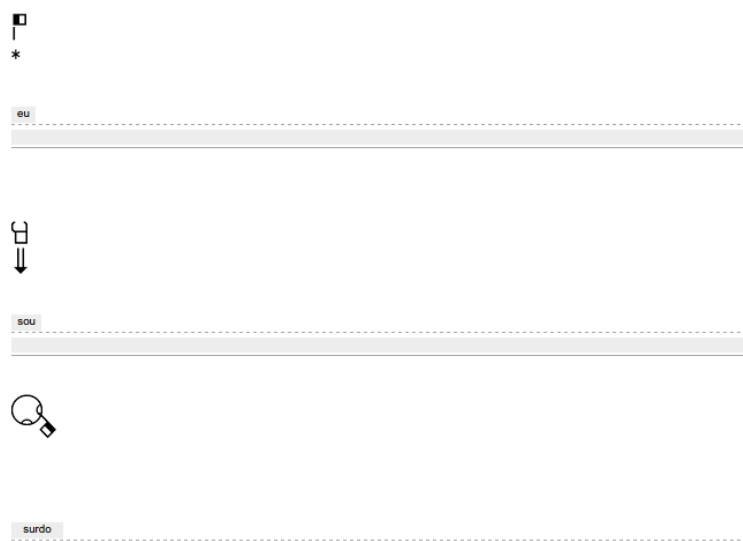


Figura 4.7: Interface do Delegs SignWriter Editor - Extraído de Wöhrmann (2016)

## 4.9 SignMaker 2015

Signmaker 2015(Slevinski (2016)) é um aplicativo para Web independente que apresenta fontes de SignWriting e um dicionário SignWriting integrado. Os dicionários são separados por idioma ou língua de sinais e são ativadas por meio de um clique no ícone da bandeira correspondente. É possível ao usuário escrever seus próprios sinais e armazená-los em um dicionário pessoal, com ou sem acesso à internet. Existe também a possibilidade de copiar e colar sinais em outras aplicações.

Esta aplicação Web funciona em todos os dispositivos como uma página Web e o Signmaker App e está em desenvolvimento para a Apple e Android. Na Figura 4.8 é possível observar a interface do Signmaker, que é baseado em navegador, sem a necessidade de uma conexão com o servidor. Ele pode ser usado on-line ou ser baixado e executado diretamente no computador do usuário.

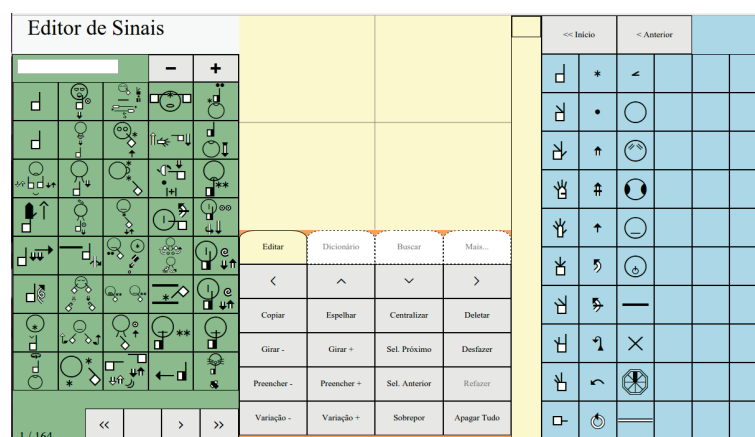


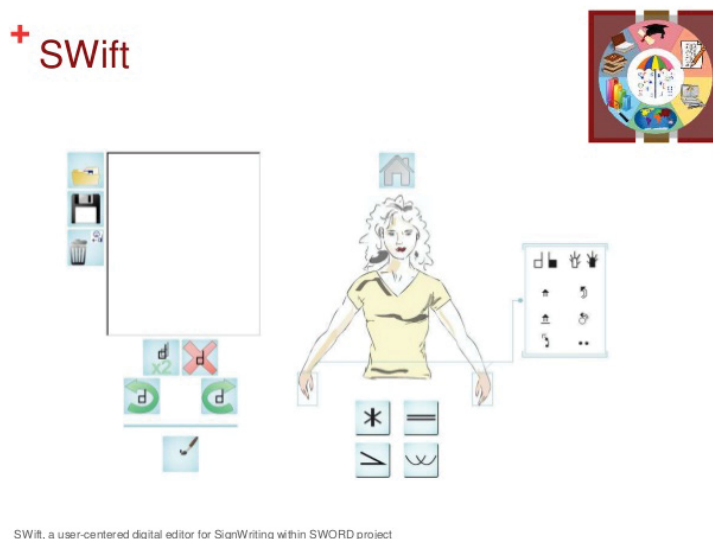
Figura 4.8: Interface do Aplicativo SignMaker 2015 - Extraído de Slevinski (2016)

## 4.10 SWIFT (SignWriting improved fast transcriber)

Com o objetivo de tornar o SignWriting mais fácil à Comunidade Surda Italiana foi desenvolvido o SWIFT (Bianchini et al. (2012)), com o conselho de especialistas e pesquisadores Surdos de ISTC-CNR (Institute of Cognitive Sciences and Technologies). Esta aplicação Web permite aos usuários compor sinais individuais, apoiados em uma interface simples caminho.

Os autores afirmam com o intuito da interface parecer ser mais fácil de usar do que as das outras ferramentas, eles reduzem o uso de rótulos de texto, além de terem apresentado uma coleção de ícones coloridos e familiares. O objetivo consiste em fazer com que os usuários se sentissem confortáveis e evitar confundi-los com muita informação, permitindo o uso imediato do programa a uma pessoa acostumada com SW.

O aplicativo foi projetado de acordo com os princípios fundamentais do design centrado no usuário (Figura 4.9). A equipe de desenvolvimento inclui pesquisadores Surdos, que são uma amostra representativa dos principais usuários-alvo. A maioria das capacidades são decorrentes de necessidades precisas expressas por eles. O redesenho da interface gráfica tem sido apoiado por uma reformulação completa da lógica da aplicação. Com essas alterações os desenvolvedores afirmam que, na pior das hipóteses (ou seja, a escolha de uma opção em cada caixa de seleção), o usuário terá que escolher entre cerca de 30 glifos, um número ainda passível de processamento por um ser humano em um período de tempo aceitável.



SWift, a user-centered digital editor for SignWriting within SWORD project

Figura 4.9: Interface do SWIFT - Adaptado de Bianchini et al. (2012)

## 4.11 O Não Uso das Ferramentas Computacionais de Apoio ao SignWriting

Como visto no capítulo anterior, as línguas de sinais não são tão recentes no mundo. No Brasil, a Libras está regulamentada em forma de Lei na Constituição Federal. Os sistemas de escrita para as línguas de sinais já existem há mais de 50 anos e, como recém mostrado, há uma série de ferramentas computacionais para auxiliar à Comunidades Surdas no acesso e no registro de informação e conhecimento. Por que, então, as Comunidades Surdas não utilizam essas ferramentas?

Com a intenção de identificar os motivos do baixo uso das ferramentas computacionais de apoio ao SignWriting por parte das comunidades Surdas, especificamente pela brasileira, foi realizada uma avaliação (Iatskiu et al. (2015)). Essa inspeção, realizada por três especialistas em IHC munidos de um conjunto de heurísticas e diretrizes, o processo de avaliação consistiu em algumas verificações sobre os ambientes de interface de cada ferramenta: se elas violavam uma ou mais heurísticas, onde e por que. Para cada uma das ferramentas citadas, foi realizada uma sessão de avaliação, que durou entre uma e duas horas.

As seguintes heurísticas e diretrizes foram utilizadas na avaliação: Correspondência com as Expectativas dos Usuários, Simplicidade nas Estruturas das Tarefas, Balanço entre a Liberdade e Controle do Usuário, Consistência e Padronização, Estímulo a Eficiência do Usuário, Antecipação as Necessidades do Usuário, Visibilidade e Reconhecimento, Conteúdo Relevante e Expressão Adequada e Prevenção de Erros.

A Comunidade Surda espera que o potencial computacional oferecido pelas ferramentas de apoio ao SignWriting seja simples, fácil e rápido de aprender. Afinal, empregar tecnologias de informação e comunicação no nosso cotidiano se justifica para facilitar a realização das nossas atividades, e não para torná-las mais difíceis e complexas. A seguir serão apresentadas algumas das diretrizes e heurísticas de IHC que, conforme a inspeção realizada, não foram respeitadas por uma ou mais ferramentas:

#### 4.11.1 Simplicidade nas Estruturas das Tarefas

Para facilitar a interação do usuário é recomendável simplificar a estrutura das tarefas reduzindo a quantidade de planejamento e resolução de problemas que elas requerem. Tarefas desnecessariamente complexas podem ser reestruturadas, em geral, utilizando inovações tecnológicas (Norman (1988)).

O SignWriting já possui uma estrutura complexa devido à quantidade de grupos de classificação e ao número elevado de primitivas utilizadas para a grafia dos sinais. A forma em que as ferramentas organizam essas primitivas, acaba muitas vezes por menosprezar esse critério de simplicidade, dificultando a interação.

#### 4.11.2 Antecipação

As aplicações devem tentar prever o que o usuário quer e precisa, em vez de esperar que os mesmos busquem ou colem informações nas ferramentas. O software deve tomar iniciativa e fornecer informações adicionais úteis, em vez de apenas responder precisamente à pergunta que o usuário tiver feito. É importante definir cuidadosamente os valores e a configuração padrão (*default*).

Além disso, os *defaults* devem ser facilmente substituídos por valores específicos mais adequados à situação corrente (Cooper (1999)) (Tognazzini (1999)). Nenhuma das ferramentas revisadas possui funcionalidade para atender ao critério de antecipação, ou seja, nenhuma ação para facilitar a interação do usuário. Por exemplo, oferecer as opções de movimento-local ou movimento logo após o usuário inserir a configuração de mão, ou retirar as opções de expressão facial após ela ser inserida. São pequenos detalhes que podem aumentar a aceitação da ferramenta pelo usuário.

#### 4.11.3 Conteúdo relevante e expressão adequada

Para que o usuário possa realizar uma interação simples é necessário seguir quatro máximas: qualidade, quantidade, relação (ou relevância) e modo (ou clareza). Os diálogos não



devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. As mensagens de instrução e ajuda devem ser concisas e informativas sobre problemas que ocorrem. Os rótulos de menus e botões devem ser claros e livres de ambiguidade. Além de cuidar do conteúdo, o designer deve se certificar de que o texto também seja legível (Cooper (1999)) (Tognazzini (1999) (Nielsen (1993))).

Esse é um critério que é ignorado por praticamente todas as ferramentas de apoio ao SignWriting, pois as informações estão representadas na língua oral do país para a qual foi desenvolvida e não na língua preferencial dos Surdos. Para seguir essa diretriz, as ferramentas deveriam apresentar as informações, na pior das hipóteses ainda razoável, também em SignWriting.

#### 4.11.4 Prevenção de Erros

A literatura recomenda que o designer, em primeiro lugar, evite erros quando possível. Porém, se um erro for efetivado, o sistema deve ser capaz de detectá-lo e fornecer maneiras simples e inteligíveis para tratá-lo. Além de erros, ele também deve oferecer suporte a usuários para esclarecer suas dúvidas durante a interação. Para isso, é necessária documentação de qualidade e ajuda satisfatória (Nielsen (1993)).

Embora seja uma das orientações mais importantes na literatura, nas ferramentas é parcialmente ou totalmente ignorada. Poucas ferramentas oferecem orientação para que os usuários não cometam erros nem para que possam sair deles, mas a maior falha está relacionada à documentação, escassa ou inexistente e na forma gráfica da língua oral e não em língua de sinais).

#### 4.11.5 Estímulo à eficiência do usuário

O sistema deve ser sensível ao que o usuário está fazendo e não deve interrompê-lo desnecessariamente enquanto está trabalhando em algo. A fim de promover a eficiência dos usuários experientes, recomenda-se fornecer atalhos e aceleradores. Como a frequência de utilização, aumenta o desejo dos usuários de reduzir o número de interações e acelerar o ritmo de interação. Para operações frequentes, o designer também pode fornecer os valores de configuração padrão, individualmente ou em grupos, formando diferentes formas de execução dessas operações para diferentes perfis (Cooper (1999)) (Nielsen (1993)) (Shneiderman (1998)).

Esse critério foi o mais ignorado pela maioria ferramentas revisadas e, possivelmente, seja a causa principal da não-apropriação do SignWriting pelas comunidades Surdas ao logo do mundo, ou pelo menos da não apropriação à altura da contribuição potencial desse sistema de escrita. A maioria das ferramentas não promove a eficiência do usuário. Pelo contrário, fazem com que ele tenha um esforço considerável e um tempo elevado para realizar a escrita de um único sinal, impossibilitando, por vezes, a escrita de textos longos.

#### 4.11.6 Correspondência com as expectativas do usuário

Recomenda-se estruturar a forma de diálogo seguindo uma linha de pensamento e fornecendo um fechamento. As sequências de ações devem ser organizadas em grupos com um começo, meio e fim. Designers devem seguir as convenções do mundo real, fazendo com que as informações apareçam em uma ordem natural e lógica (Nielsen (1993)) (Shneiderman (1998)). Acredita-se que o elevando tempo para a formalução ou criação de um único sinal não corresponde com as expectativas do usuário, além da organização das primitivas na interface das ferramentas não seguir as convenções do mundo real, o fato de o SignWriting possuir muitas primitivas dificulta esse trabalho.

O desenvolvimento da ferramenta desta tese conseguiu sanar alguns destes problemas apresentados, as diretrizes de simplicidade na estrutura das tarefas e o estímulo à eficiência do usuário foram contempladas por meio da geração automática dos sinais. A diretriz de antecipação pode ser observada na ferramenta com o fornecimento da estrutura do XML do CORE-SL para a entrada de dados, antecipando um passo importante do usuário. A correspondência com as expectativas do usuário só poderá ser observada quando este módulo for integrado aos demais da arquitetura e as demais formas de tradução forem possíveis. Uma das principais diretrizes que o gerador ainda não contemplada é a expressão adequada, pois a interface da ferramenta não possui acessibilidade para pessoas surdas, ou seja, não fornece uma forma de interação por Língua de Sinais. Nos trabalhos futuros onde vai ocorrer a integração com os demais módulos da Arquitetura, essa é uma das diretrizes mais importantes a ser levada em conta no momento da implementação do *design* de interação.

A tabela 4.1 apresenta as diretrizes, o grau de severidade e ferramentas que têm pelo menos 1 ponto de discordância com as diretrizes. O grau de severidade foi classificado de 1 a 5, onde 1 é o um problema visual, 2 é um problema simples, 3 é um problema relevante, 4 é um problema grave e 5 é um problema de alto grau de severidade.

Diretrizes	Severidade	Ferramentas Impactadas
Simplicidade na Estrutura das Tarefas	4	SignWriter, SignNet, SW-Edit, SignTalk, SignSim, SignEd, SignPuddle, SignWriter Studio e SignMaker 2015
Antecipação	2	SignWriter, SignNet, SW-Edit, SignPuddle, SignTyp, SignWriter Studio, SignMaker 2015 e SWIFT
Conteúdo relevante e expressão adequada	5	SignWriter, SignNet, SW-Edit, SignTalk, SignSim, SignEd, SignPuddle, SignTyp, SignWriter Studio, Delegs SignWriting Editor, SignMaker 2015 e SWIFT
Prevenção de Erros	3	SignNet, SW-Edit, SignSim, SignEd, SignPuddle, SignTyp, Delegs SignWriting Editor, SignMaker 2015 e SWIFT
Estímulo à eficiência do usuário	4	SignWriter SignEd, SignPuddle, SignTyp, SignWriter Studio, Delegs SignWriting Editor e SignMaker 2015
Correspondência com as Expectativas do Usuário	3	SignWriter, SignNet, SW-Edit, SignTalk, SignSim, SignEd, SignPuddle, SignTyp, SignWriter Studio, Delegs SignWriting Editor, SignMaker 2015 e SWIFT

Tabela 4.1: Tabela com os problemas apresentados pelas ferramentas de apoio ao SignWriting.

Alguns pontos importantes a serem ressaltados na diferença entre a ferramenta desenvolvida nesta tese de doutorado e as demais ferramentas de apoio ao SingWriting estudadas consiste, por um lado, no tempo gasto para a geração interativa das primitivas, exigindo seu posicionamento manual.

No entanto, o caráter mais inovador desta ferramenta está no fato de ela ser parte de toda uma arquitetura - HCI-SL, pensada e desenvolvida com o objetivo de dar corretos suportes linguístico e computacional à interação em Língua de Sinais, desde o nível de software básico até o de aplicações para a Educação de Surdos.



## 5 CORE-SL-SW: Gerador Automático da Escrita de Sinais da Libras a partir de um Modelo de Especificação

Esta tese é resultado de um trabalho iniciado durante a dissertação de Mestrado do autor Iatskiu (2014), que agora pode ser completada.

A complexidade do desenvolvimento do Gerador acarretou na necessidade de separar este trabalho em duas etapas, devido ao tempo necessário para o processo. Este projeto foi iniciado com o estudo do Modelo Fonológico Computacional da Libras (Antunes (2011))(Antunes (2015))) e do Sistema de Escrita para Língua de Sinais SignWriting (Stumpf (2005)), como apresentado anteriormente. Eles são, respectivamente, a entrada e a saída do Gerador, como já dito.

Em um segundo momento, foi realizado um estudo das demais ferramentas existentes na literatura. Esse estudo teve como objetivo arquitetar um serviço diferente dos demais, que possibilitasse suprir as necessidades da comunidade. Após esse estudo, foram iniciadas as fases propriamente computacionais, sendo elas: levantamento de requisitos, projeto do software (incluindo diagramas UML e *design de interface*), desenvolvimento do *software* e testes.

### 5.1 Projeto do Gerador

Para o levantamento de requisitos foi realizado um estudo das necessidades da Comunidade Surda, principalmente na conversão automática dos seus sinais, a fim de que os mesmos tivessem acesso à informação e ao conhecimento em sua língua preferencial.

Por meio do levantamento de requisitos, ficou exposta a necessidade da intermediação do Modelo Fonológico Computacional da Libras para a viabilização das conversões. Assim, futuramente, com a integração dos demais módulos da arquitetura HCI-SL (García et al. (2013)) será possibilitada não somente a conversão do Modelo CORE-SL para o SignWriting, mas, também, do Português para o SignWriting.

Dando continuidade ao projeto da ferramenta, foram desenvolvidos alguns diagramas da Unified Modeling Language (UML), que permitem que desenvolvedores visualizem os produtos de seus trabalhos em diagramas padronizados (Aliabdallaesmin (2010)). Foram criados quatro diagramas principais: diagrama de classes, diagrama de casos de uso, diagrama de sequência para a tradução e diagramas de sequência para o cadastro de sinais.

No Apêndice A, são apresentados:

- O diagrama de classes, no qual, além do usuário, foram considerados todos os atributos que um sinal possui. É possível notar a complexidade de cada primitiva do SignWriting descrita por meio do Modelo;

- O diagrama de casos de uso desenvolvido, descrevendo as duas formas de interação com o sistema, o cadastro de primitivas e a geração de sinais da Libras em SignWriting;
- Dois diagramas de sequência para o detalhamento da interação do usuário-sistema:
  - O primeiro desenvolvido foi o relativo ao cadastro. Nesse momento da interação, o usuário tem acesso à tela para realizar o *upload* da imagem da primitiva do SignWriting desejada e também de todo o XML descritivo da mesma pelo Modelo Fonológico, de acordo com as instruções a ele proporcionadas. Após verificação das informações, o sistema retorna ao usuário a informação do sucesso ou insucesso do cadastro do sinal;
  - O segundo se refere à interpretação do sinal. O usuário entra na ferramenta o código XML com a descrição do sinal da Libras no Modelo. O sistema vai repartir essa descrição e realizar a busca de cada primitiva em sua base de dados. Caso a descrição confira com alguma primitiva existente na base, o mesmo retorna ao usuário a imagem dela.

## 5.2 Desenvolvimento da Ferramenta

O desenvolvimento foi iniciado com a escolha da linguagem de programação e do sistema de gerenciamento de banco de dados. Como a aplicação é voltada para Web, foi escolhida a linguagem de programação PHP(Junior (2000)), linguagem de *script open source* de uso geral, muito utilizada e especialmente guarnecida para o desenvolvimento de aplicações Web. Como sistema de gerenciamento de banco de dados foi escolhido o MySQL (Pichiliani (2012)), que utiliza a linguagem de consulta estruturada e é atualmente um dos bancos de dados mais populares.

Também foi utilizado como apoio ao desenvolvimento o Laravel, que é um *Framework* PHP utilizado para o desenvolvimento Web que usa a arquitetura MVC e tem como principal característica ajudar a desenvolver aplicações seguras e com performance forma rápida, com código limpo e simples, já que ele incentiva o uso de boas práticas de programação. Para a criação de interface gráfica, o Laravel utiliza uma *Engine de template* chamada Blade, que traz uma gama de ferramentas que ajudam a criar interfaces agradáveis e funcionais de forma rápida e a evitar a duplicação de código (Silva (2015)). O Laravel foi utilizado na segunda etapa de desenvolvimento da ferramenta, devido à necessidade de padronização dos módulos de desenvolvimento para futura integração entre eles.

O esquema de funcionamento da ferramenta é observado na Figura E.1, que mostra como entrada a estrutura do XML descritivo para inserir as informações do sinal da Libras (Apêndice C). Após isso, o sistema realiza a leitura da entrada do usuário, trata possíveis erros e elimina as informações desnecessárias para, então, salvar em um vetor cada descrição, já eliminando os espaços vazios.

Após essa etapa, caso o sinal não seja composto, o vetor principal é separado em outros sete vetores. Esses vetores já estão ligados a cada primitiva do SignWriting, como: configuração de mão dominante, movimento local mão dominante, configuração de mão não dominante, movimento local mão não dominante, expressão não manual, movimento mão dominante e movimento mão não dominante. Ocorre uma verificação se a informação sobre a primitiva foi inserida - pois não é necessário um sinal ser composto por todas essas primitivas, assim como cada primitiva não precisa necessariamente possuir todas as descrições preenchidas.

O passo final da ferramenta consiste em verificar se o vetor possui a descrição da primitiva. Caso a possua, são realizadas diversas buscas no banco de dados para encontrar

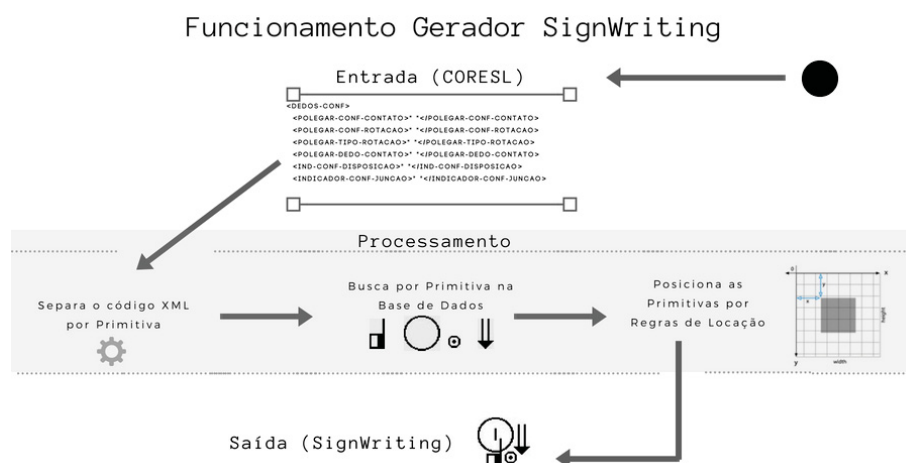


Figura 5.1: Diagrama do Funcionamento do Gerador Automático

alguma primitiva que tenha as características semelhantes às que foram inseridas no XML e, caso seja(m) encontrada(s), o Serviço em sua primeira versão imprime na interface ao usuário as primitivas correspondentes.

É possível observar, no Apêndice B, que contém o XML, que para se inserir a descrição da configuração de mão dominante os campos referentes à locação não estão disponíveis para preenchimento. Isso acontece porque na primeira versão do Gerador (correspondente à dissertação de mestrado), a saída da ferramenta era uma lista das primitivas que compunham o sinal da Libras em SignWriting, sem o posicionamento correto. Essa atualização na ferramenta aconteceu na segunda etapa de desenvolvimento de pesquisa (tese de doutorado). O Apêndice C exibe o XML completo com todos os campos necessários.

### 5.3 Descrição das Primitivas

Para que não ocorram erros na hora de cadastrar as primitivas e para auxiliar no preenchimento do XML para a interpretação dos sinais, foram criadas diversas tabelas contendo todos os valores possíveis para a descrição destas primitivas. Na Tabela 5.1, apresentada mais à frente neste documento, estão todos os valores possíveis para a descrição das configurações de mão, tanto da dominante como da não-dominante.

A Tabela 5.2 contém todos os valores referentes à expressão não manual, que envolve os parâmetros ligados ao rosto e, também, aos ombros e ao corpo.

polegar-conf-contato	almofada na unha, pontas, almofadas, unha na almofada indicador, medio, anelar, minimo, todos os dedos.
polegar-conf-rotacao-adjacente	aberto, fechado, achatado (flexionado), curvado (em gancho)
indicador-conf-disposicao	aberto, fechado, achatado (flexionado), curvado (em gancho)
indicador-conf-juncao	unidos (lado a lado), separados, unidos (pelas pontas), cruzados, entrelacados.
medio-conf-disposicao	aberto, fechado, achatado (flexionado), curvado (em gancho)
medio-conf-juncao	unidos (lado a lado), separados, unidos (pelas pontas), cruzados, entrelacados.
anelar-conf-disposicao	aberto, fechado, achatado (flexionado), curvado (em gancho)
anelar-conf-juncao	unidos (lado a lado), separados, unidos (pelas pontas), cruzados, entrelacados.
minimo-conf-disposicao	aberto, fechado, achatado (flexionado), curvado (em gancho)
minimo-conf-juncao	unidos (lado a lado), separados, unidos (pelas pontas), cruzados, entrelacados.
orientacao-palma	para esquerda, para frente, para tras.
orientacao-mao	horizontal, vertical
orientacao-dedos	para cima, para cima e para esquerda, para esquerda, para esquerda e para baixo, para baixo, para baixo e para direita, para direita, para cima e para direita.

Tabela 5.1: Tabela com Todos os Valores Possíveis das Configurações de Mão do SignWriting (Adaptado de Antunes (2011))

especifica	tristeza, alegria, felicidade, sorrindo, brava, duvida, indiferencia, desconforto, afetiva emocao, afetiva tristeza, afetiva, choro, raiva, interrogativa, confirmacao sim, confirmacao nao, afirmativa, exclamativa, negativa, assentimento, decepcao, preocupacao, medo.
parte-superior	sobrancelhas franzidas, olhos arregalados, olhos fechados, olhos semiabertos, lance de olhos, sobrancelhas levantadas, piscar o olho, testa franzida, olhos cerrados.
parte-inferior	bochechas infladas, bochechas infladas e assoprar, soltando o ar, bochechas contraídas, vibrar lingua na boca (lábios protuberantes), labios contraídos e projetados, correr da lingua contra a parte inferior interna da bochecha, apenas bochecha direita inflada, contracao do labio superior, franzir o nariz, boca aberta, boca semi-aberta, dentes cerrados, labios cerrados, lingua para fora, labios protuberantes, mostrando ponta da lingua, mostrando os dentes, boca torta para baixo, apenas bochecha esquerda inflada, correr da lingua contra o labio inferior, correr da lingua contra o labio superior, correr da lingua contra os labios.
cabeca-exp	balanceamento para frente e tras (sim), girar para os lados (não), inclinacao para frente, inclinacao para o lado direito, inclinacao para o lado esquerdo, inclinacao

A Tabela 5.3 é referente aos valores ligados ao movimento. Da mesma forma que a primeira tabela, os valores apresentados podem ser usados para descrever os movimentos da mão dominante, bem como os da mão não dominante.

contorno	horario, anti-horario.
interacao	alternado, aproximacao, separacao, insercao, cruzado.
contato-mov	de ligacao, de agarrar, de deslizamento, de toque, de esfregar, de riscar, de escovar (pincelar).
unidirecional	para cima, para baixo, para frente, para tras, para direita, para esquerda, para direita e para baixo (diagonal), para direita e para cima (diagonal), para esquerda e para baixo (diagonal), para esquerda e para cima (diagonal), para esquerda e para frente (diagonal), para esquerda e para tras (diagonal), para direita e para frente (diagonal), para direita e para tras (diagonal), para frente e para baixo, para frente e para cima, para baixo e para tras, para cima e para tras.
bidirecional	para cima e para baixo; para esquerda e para direita; para frente e para tras; para baixo e para cima; para direita e para esquerda; para tras e para frente.
extensao	curta, longa, normal.
temporal	prolongado, acelerado, reduzido.
tensao	bater, bater com forca, com forca.
plano	cabeça topo, cabeça, testa, testa (lado), olhos, nariz, boca, queixo, rosto, bochecha, pescoco, peito, mao palma, mao (dorso), mao (dedos), braco, estomago, abdômen.
frequencia	Número específico de vezes em que o movimento é repetido (opcional).

Tabela 5.3: Tabela com Todos os Valores Possíveis de Movimento do SignWriting (Adaptado de Antunes (2011))

Nas línguas orais, as letras são as primitivas para a formação das palavras. Algumas letras são mais usadas que as outras. Por exemplo, a letra “a” é muito mais usada que a letra “x”. O mesmo ocorre com as primitivas do SignWriting, que tem algumas configurações de mãos usadas com frequência muito maior do que outras. Essas primitivas estão presentes em número maior de sinais.

Como o sistema de escrita SignWriting possui um número muito grande de primitivas, foi realizado um estudo no SignBank (Sutton (2012) da SignWriting.org, que é a maior organização mundial de referência e autora desse sistema de escrita. Quando direcionado na base de sinais da Libras, foram observadas quais primitivas estão mais presentes nos sinais do nosso país (dado fornecido pela organização). Em primeiro plano os principais grupos foram estudados (Figura 5.2).

Com os principais grupos definidos, foi realizado um estudo mais aprofundado sobre o número de ocorrências dessas primitivas em sinais. Assim, a base de dados foi selecionada contendo: 253 configurações de mão; 31 expressões não manuais; 39 símbolos de movimento; e 6 símbolos de movimento local. Essas são as principais primitivas do SignWriting, ou seja, que fazem parte do maior número de sinais (Figura 5.3).































 (559)	 (1766)	 (485)	 (273)	 (277)	 (126)
 (402)	 (607)	 (583)	 (11)	 (22)	 (490)
 (182)	 (740)	 (446)	 (76)	 (214)	 (187)
 (199)	 (29)	 (163)	 (625)	 (232)	 (8)
 (1598)	 (898)	 (438)	 (655)	 (290)	

Figura 5.2: Grupos mais Utilizados de Primitivas do SignWriting na Formação dos Sinais da LIBRAS














 (402)	 (64)	 (277)	 (81)	 (401)	 (66)	 (58)
 (761)	 (56)	 (81)	 (90)	 (276)	 (88)	

Figura 5.3: Primitivas do SignWriting mais Utilizadas na Formação dos Sinais da LIBRAS

A Organização SignWriting.org fornece informações estatísticas das famílias de primitivas mais utilizadas na realização dos sinais. Com base nesse critério, foram selecionadas algumas famílias. As primitivas de cada uma foram descritas usando o Modelo Computacional da Fonologia da Língua de Sinais Brasileira, para que pudessem compor a base de dados da ferramenta. Desta forma, cada primitiva que compõe a base, possui um XML com sua descrição pelo modelo fonológico.

## 5.4 Ausência do Parâmetro “Locação”

O parâmetro de locação descreve o local onde o sinal é articulado (mãos, tronco, cabeça ou espaço neutro). Na pesquisa de dissertação de mestrado, esse critério foi desconsiderado, devido ao seu grau de complexidade. A desconsideração do parâmetro de locação limitou a qualidade e fidelidade da saída que a ferramenta forneceu ao usuário, pois a locação é responsável pela determinação do posicionamento das primitivas no espaço onde o sinal do SignWriting é registrado. O usuário da primeira versão da ferramenta recebia uma lista das primitivas que compunham o sinal, sem a sua organização no espaço 2D correspondente.

A consideração do parâmetro de locação exigia o desenvolvimento de um conjunto de regras específicas e complexas que não-passíveis de realização no tempo disponível para a dissertação. Sendo assim, a inclusão desse parâmetro é uma das maiores contribuições desta tese.



## 5.5 Avaliação da Ferramenta em Etapa Inicial

Para a avaliação da ferramenta, foram realizadas diversas transcodificações do XML descritivo para os sinais, com o objetivo de encontrar falhas. Devido ao fato de a base de dados não possuir todas as primitivas que o SignWriting contém, alguns sinais nessa validação não puderam ser interpretados. O sinal “surdo” pode ser interpretado e podemos observá-lo na Figura 5.4.

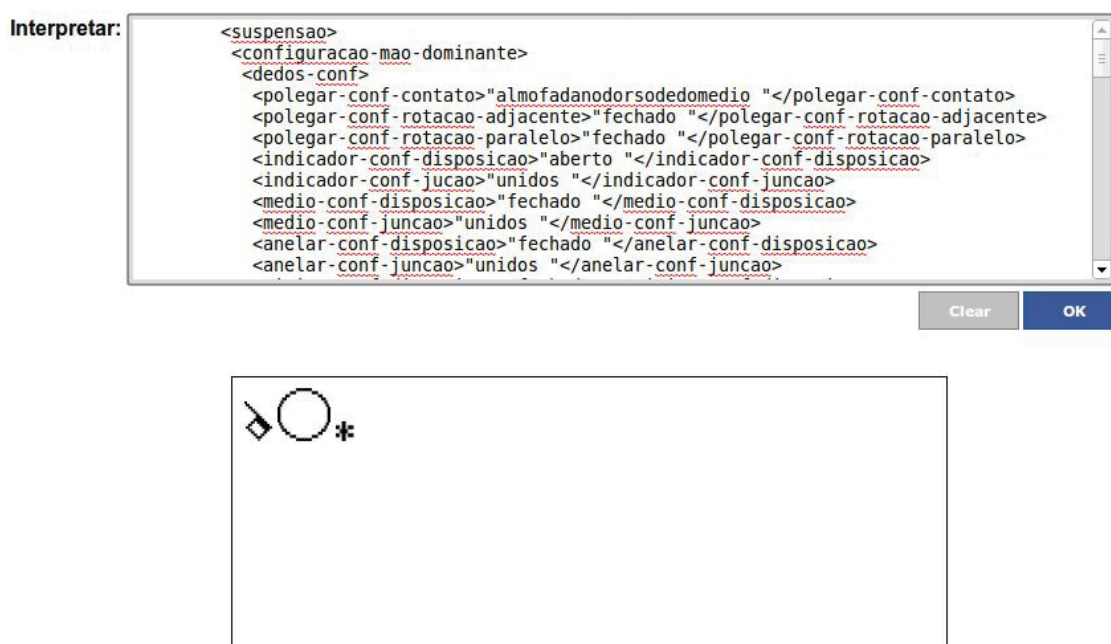


Figura 5.4: Tela do Gerador

Os resultados da validação foram satisfatórios, apesar de existirem sinais que não foram passíveis de interpretação. Ficou nítido que com a expansão da base de dados, todos os sinais existentes na Libras poderiam ser interpretados e transcodificados para o símbolo gráfico do SignWriting correspondente.

## 5.6 Atualização do CORE-SL

No desenvolvimento da primeira versão da ferramenta, o CORE-SL estava sendo atualizado e finalizado por Antunes (2015). Então o XML que serviu como entrada da ferramenta, foi baseado em trabalho anterior (Antunes (2011)). O Modelo Fonológico (primeira versão do CORE-SL) foi uma pesquisa que estudou os aspectos linguísticos das línguas de sinais e desenvolveu uma modelagem no formato XML para a representação de sinais baseado em um sistema fonético-fonológico.

Em sua versão final, o CORE-SL buscou preencher esta lacuna, apresentando uma proposta de um *framework* para a construção de modelo computacional de representação bem mais complexo, descrevendo toda a metodologia relacionada ao estudo dos modelos linguísticos e computacionais e apresentando um modelo conceitual que permite ao usuário final entender os conceitos (parâmetros) e a relação entre eles, sendo fundamental para o desenvolvimento da ferramenta.



A partir destas afirmações, para que a entrada do gerador fosse correta incluindo todos os parâmetros linguísticos, um detalhado estudo no CORE-SL foi necessário. Nesse processo, foi possível identificar as diferenças entre as duas versões e realizar a atualização no XML de entrada da ferramenta, bem como as tabelas com os valores possíveis de preenchimento do XML apresentadas na seção 5.2.

## 5.7 Expansão da Bases de Dados

O SignWriting é composto por mais de 2.000 símbolos. Entre esses, muitos trazem mais precisão à notação dos símbolos gestuais, mas não são indispensáveis à compreensão de um enunciado escrito por um locutor de uma determinada língua de sinais.

A quantidade de símbolos que o SignWriting coloca para a notação dos elementos manuais revela a complexidade desses movimentos na composição das línguas de sinais: quais elementos são pertinentes, qual o status que ocupam em uma determinada língua de sinais, se eles têm sentido ou não. Todas estas são perguntas que não tem uma única resposta. Os surdos, no decorrer do uso, poderão responder e trazer essa informação para o conhecimento geral. Cada língua de sinais precisará ser construída com suas próprias respostas.

Como citado anteriormente, no trabalho apresentado como dissertação, a base foi populada com 329 primitivas/símbolos que são as mais utilizadas para a formação dos sinais da Libras. No estado de desenvolvimento atual, essa base de dados da ferramenta foi populada com todas as demais primitivas existentes, bem como sua descrição através do CORE-SL, para que todo sinal existente nas línguas de sinais tivesse a possibilidade de ser gerado a partir da ferramenta em questão.

## 5.8 Inclusão do Parametro de “Locação”

Um dos aspectos mais importantes para a formação dos sinais é o parâmetro da locação. Ele foi desconsiderado na dissertação devido ao seu grau de complexidade. A locação pode ser definida como o local no corpo, mãos ou espaço onde o sinal é articulado. No CORE-SL, o elemento <locação> pode ser descrito tanto na mão dominante quanto na mão não dominante.

Ele também é especificado pela Figura 5.5 e pelos elementos <cabeça-loc>, <tronco-loc>, <mao-loc> e <espaço-loc>. O elemento <locacao> possui dois atributos importantes, sendo eles o ladocorpo, que descreve o lado do corpo onde o sinal é articulado, e o localdif, que apresenta a variação do local de articulação definido, tais como: “acima”, “abaixo”, “esquerda” e “direita”.

Os elementos <tronco-loc>, <cabeça-loc> e <mao-loc> possuem uma lista pré-definida de valores. No entanto, percebeu-se que os valores atribuídos para <mao-loc> não davam conta de descrever os pontos de articulação particulares de cada dedo. Desta maneira, incluiu-se o elemento <dedos-loc>. O elemento <dedos-loc> é composto por: <polegar-loc>, <indicadorloc>, <medio-loc>, <anelar-loc> e <minimo-loc>, e possuem como valores padrão: “ponta”, “almofada”, “unha”, “palma”, “dorso”, “lado” e “entre os lados”.

Em diversos trabalhos revisados os pontos de articulação no espaço (elemento <espa-coloc>) são definidos como espaço neutro. Este fato ocorre porque na maioria das vezes, os meios utilizados para descrever os sinais acompanham uma representação visual, facilitando a percepção do local no espaço onde o sinal é articulado. Com o intuito de gerar uma descrição geral dos sinais, o CORE-SL (Antunes (2015)) possibilita o mapeamento desses pontos particulares no espaço. Para proporcionar ao modelo tal característica utilizou-se o modelo proposto em

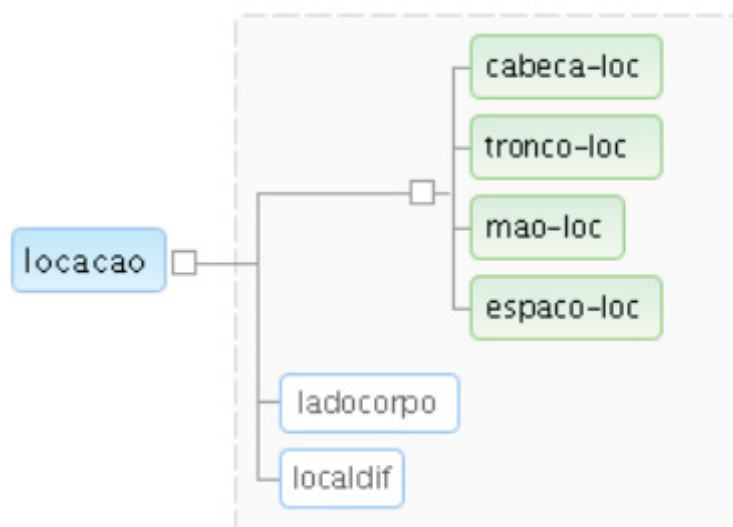


Figura 5.5: Parâmetro Locação do CORE-SL - Retirado de Antunes (2011)

Valli e Lucas (2002). Desta forma, o elemento <espaco-loc>, foi formado pelos aspectos de <proximidade> e <relacao-espacial>.

O elemento <proximidade> descreve a distância das mãos no espaço em relação a um ponto do corpo e possui como valores: “proximal”(locação a poucos centímetros de uma região do corpo, “medial”(a distância da locação é aproximadamente a um cotovelo horizontalmente posicionado), “distal”(a distância da locação é aproximadamente a um braço semi-estendido e horizontalmente posicionado em frente ao corpo) e “estendido”(a distância da locação é aproximadamente um braço totalmente estendido e horizontalmente posicionado em frente ao corpo)(Liddell e Johnson (2002)).

O elemento <relacao-espacial> é formado pelos elementos <deslocamento-ipsilateral> e <localizacao-central>. O <deslocamento-ipsilateral> compreende três valores em relação ao deslocamento lateral no espaço: “paralelo a linha medial”, “paralelo ao peito” e “paralelo ao ombro”. O elemento <localizacao-central> é o ponto de referência no corpo para o deslocamento no espaço, sendo formado pelos valores: “cabeça(topo)”, “testa”, “olhos”, “nariz”, “boca”, “queixo”, “esterno”, “tronco”, “pescoço”, “abdômen”, “peito”, “ombros”, “cintura” e “estômago”.

Por exemplo, um sinal pode ser realizado no espaço proximal, paralelo ao peito, com localização central na boca. Outros elementos da suspensão já haviam sido incluídos na ferramenta na versão da dissertação de mestrado, entre eles os movimentos de orientação das palmas da mão-dominante e da mão-não-dominante, o movimento-local, que são os movimentos realizados pelas mãos, dedos e pulso no momento da execução dos sinais. Esses elementos no SignWriting ajudam a descrever a primitiva de configuração de mão, contemplada ainda na primeira etapa de desenvolvimento.

## 5.9 Desenvolvimento do Espaço de Sinalização (TELA)

Durante a primeira parte de desenvolvimento, correspondente ao processo de dissertação, a tela não teve relevância, visto que somente era exibida uma lista de primitivas. A versão atual exigiu um novo projeto e implementação, para que com as listas de primitivas, pudesse ser incorporado o parâmetro de locação e as primitivas pudessem formar o sinal da Libras.

O HTML5 (2011) veio com diversas novidades interessantes para o presente trabalho. Uma delas é o Canvas, que significa em Português algo relacionado a uma tela. Na prática, é exatamente isto, já que é possível desenhar como se fosse em uma tela. O elemento Canvas permite especificar uma área da página onde se pode, por meio de *scripts*, desenhar e *renderizar* imagens, com a vantagem adicional de que para usar Canvas não é necessário utilizar nenhum *plugin* no navegador.

O Canvas foi desenvolvido inicialmente pela Apple para seu navegador Safari e logo foi utilizado e padronizado pela organização WHATWG (Apple et al. (2004)) para incorporá-lo ao HTML5. Posteriormente, também foi adotado por navegadores como Firefox e Opera. Quanto ao Chrome, é um navegador que utiliza o mesmo motor de *renderizador* que o Safari, portanto também dá suporte ao elemento Canvas. Dentre os navegadores mais habituais, o último a suportar Canvas foi o Internet Explorer.

O Canvas permite desenhar na página e atualizar dinamicamente estes desenhos, por meio de *scripts* e atendendo às ações do usuário, o que se encaixou perfeitamente nas necessidades da ferramenta em relação à exibição dos sinais (Lázaro et al. (2014)). Para posicionar elementos no Canvas é necessário levar em conta seu eixo de coordenadas em duas dimensões, que começa no canto superior esquerdo da tela. A tela produzida possui as dimensões indicadas com os atributos *width* (largura) e *height* (altura) na etiqueta de declaração.

Assim, o canto superior esquerdo será o ponto (0,0) e o canto inferior direito o ponto definido por (width-1,height-1), ou seja, o ponto máximo de coordenadas marcado por sua largura e altura. Na Figura 5.6 tem-se uma ideia mais precisa das dimensões e coordenadas em um Canvas.

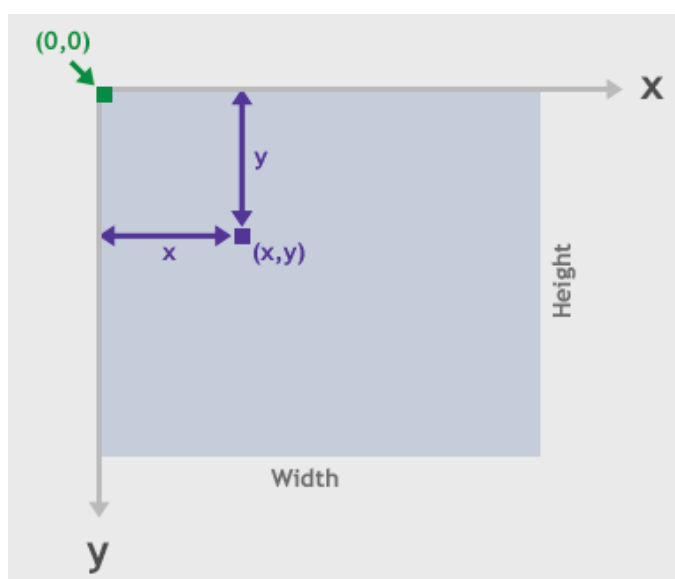


Figura 5.6: Esquema de Posicionamento Canvas - Retirado de Lázaro et al. (2014)

Qualquer ponto do Canvas se calcula com a coordenada (x,y), sendo que a “x” cresce segundo os pixels da direita e a “y” com os pixels para baixo. Uma das coisas mais interessantes que poderemos fazer quando desenharmos na tela do elemento é importar e mostrar diretamente o conteúdo de arquivos gráficos externos, ou seja, usar imagens GIF, JPG ou PNG dentro dos desenhos que realizamos com Canvas. Neste caso, é possível exibir cada uma das primitivas do SignWriting disponíveis no banco de imagens da SignWriting.org em formato PNG.

Para desenhar uma imagem na tela é utilizado o método `drawImage()`, que pertence ao objeto “contexto” do Canvas, com a seguinte sintaxe: `drawImage(objeto-imagem, x, y)`. São

enviados três parâmetros, o primeiro é o objeto Javascript da imagem que se deseja incluir na tela. Os dois seguintes são as coordenadas do local onde se quer situar a imagem, sendo (x,y) o ponto onde se colocará o canto superior esquerdo da imagem.

Esse Canvas é a região da *interface* da ferramenta que onde ocorre a exibição do sinal da Libras em SignWriting. Fazendo uma associação com a Libras interpretada, ele corresponde ao espaço de sinalização. Espaço de sinalização é a área na qual a pessoa que está realizando a sinalização se move enquanto sinaliza. Assim, é a distância em que o braço do sinalizador alcança a frente, acima e abaixo (Stumpf (2005)).

## 5.10 Conversão das Regras de Locação em Posicionamento (x,y)

O parâmetro “locação” é o aspecto fundamental na descrição dos sinais, e pode ser definido como o local no corpo, mãos ou espaço onde o sinal é articulado. Para que a ferramenta pudesse ter esse parâmetro incorporado e fosse finalizada, foi necessário um trabalho exaustivo de conversão de todas as possíveis regras de locação provenientes das formações dos sinais em posições das primitivas que representam as configurações das mãos, expressões faciais, símbolos de movimento e outros, na tela do Canvas referente ao espaço de sinalização dos sinais.

A primeira regra criada foi o tamanho da tela de sinalização do Canvas, que consiste em um quadrado de 150 por 150 *pixels*. Essa regra foi criada baseada no estudo dos materiais de Iatskiu et al. (2015) que trata de espaços de sinalização, junto ao conhecimento extraído do estudo das ferramentas apresentadas na seção das Ferramentas Computacionais de Apoio ao SignWriting, em especial o SignPuddle(Sutton (2013b)), que é, entre todas as ferramentas, a que apresenta a melhor qualidade.

Uma segunda regra formulada e considerada uma das regras fundamentais foi o posicionamento da expressão facial do sinal, caso exista. Relembrando que os sinais não precisam ter todas as primitivas do SignWriting, e diversos sinais não possuem a primitiva de expressão facial que representa os movimentos e expressões da face durante a sinalização. Caso exista essa primitiva, ela tomará uma posição central no Canvas, mais precisamente na posição 75 por 75, como podemos observar na Figura 5.7.

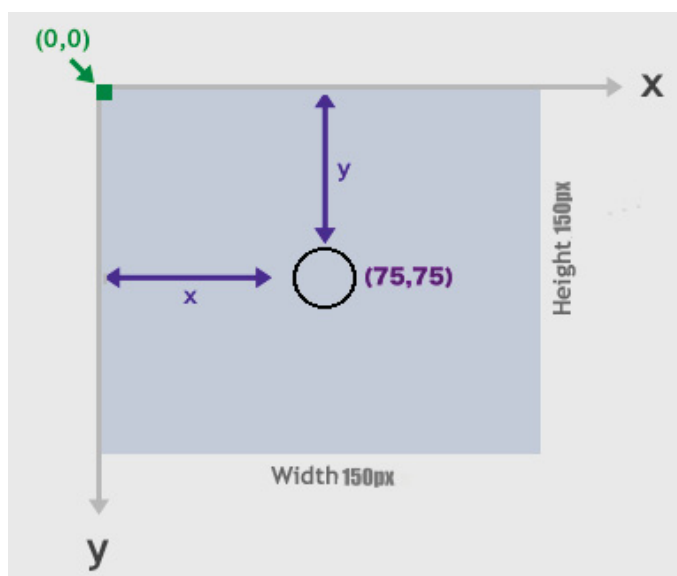


Figura 5.7: Posicionamento da Expressão Facial - Adaptado de Lázaro et al. (2014)

As demais primitivas para a composição dos sinais foram distribuídas de acordo com o seu posicionamento na sinalização pelo Canvas, também de acordo com as coordenadas (x,Libras). Na Figura 5.8, observa-se o sinal “surdo” que é composto por quatro primitivas, é interessante notar:

- A primitiva na cor preta é a de representação da expressão facial em seu posicionamento pré-definido (75, 75);
- A primitiva na cor roxa de configuração de mão, que além de todas as suas características (<polegar-conf-contato>, <polegar-conf-rotacao-adjacente>, </polegar-conf-rotacaoparalelo>, <indicador-conf-disposicao> e outros), possui duas locações durante a sinalização ambas na cabeça, a primeira na orelha e a segunda no queixo, além de todas as características de proximidade e deslocamento, com a regra definida de posicionamento mantém a primeira locação, no caso orelha com coordenadas (90,87);
- A outra primitiva verde, é referente ao movimento, mais precisamente ao contato realizado no movimento, onde o \* é o contato de “toque”, representada com a cor verde e o toque no queixo com coordenadas (70,85).

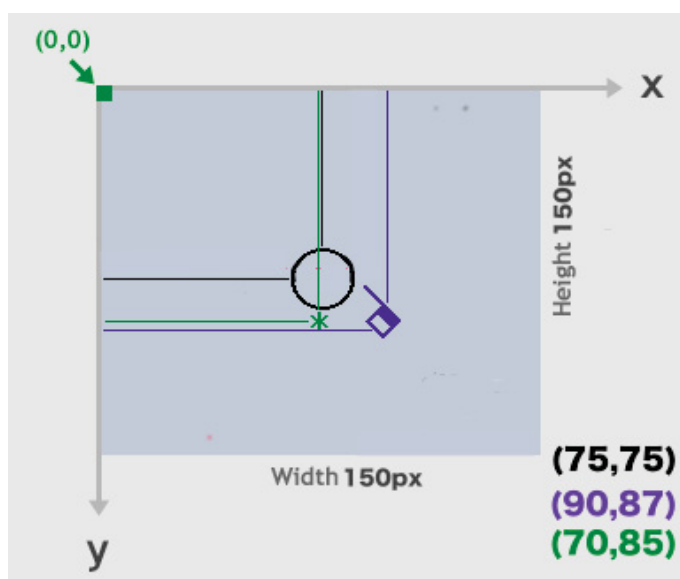


Figura 5.8: Exibição das Coordenadas Sinal Surdo - Adaptado de Lázaro et al. (2014)

Todas as locações possíveis durante a sinalização foram convertidas em posições no eixo (x,y) para a exibição correta no Canvas. O posicionamento pode variar não só de acordo com a locação (orelha, queixo, nariz), mas também de acordo com as outras características do parâmetro de locação, como: proximidade, relação espacial, etc. Esses parâmetros são importantes, principalmente quando a primitiva não está sobre e nem perto do corpo.

Um dos pontos mais relevantes que levaram à escolha da tecnologia Canvas para funcionar como tela da ferramenta representado o espaço de sinalização foi que existem diversos sinais da Libras em SignWriting que possuem primitivas sobrepostas, e o Canvas trabalha com isso de forma natural, aceitando sobreposição de primitivas de acordo com as coordenadas já anteriormente apresentadas.

Na Figura 5.9, nota-se o sinal “amarelo” em Libras, onde é possível observar quatro primitivas do SignWriting que compõe o sinal. Além disso, constata-se a primitiva de configuração de mão sobreposta em uma parte da primitiva da expressão facial. Isso ocorre porque durante a

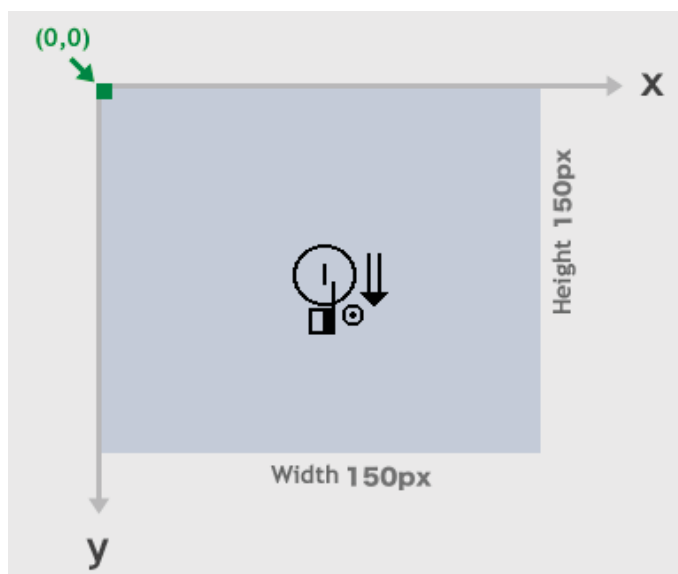


Figura 5.9: Exibição do Sinal Amarelo - Adaptado de Lázaro et al. (2014)

sinalização, a mão do sinalizador “desliza esfregando” de cima para baixo sobre o nariz do mesmo. O ponto positivo é que a tecnologia escolhida não possui nenhum problema para trabalhar com situações descritas, tão comuns nos sinais da Libras.

O desenvolvimento deste Gerador Automático, módulo da Arquitetura HCI-SL, um passo importante para que se possa atingir o processo de tradução Português-Libras. Essa tradução vai acontecer tendo como saídas o avatar inteligente e o Sign Writing, em sendo um específico ou ambos dependendo do cenário de uso real.

## 6 Experimentos de Avaliação

A avaliação da ferramenta desenvolvida consistiu de dois experimentos. No primeiro foi utilizada uma glosa da Libras de um gibi da Turma da Mônica: “Um Pequeno Grande Vilão” de Souza (2013), que aborda, por meio de uma linguagem descomplicada, formas de se combater o *Aedes Aegypti*, o mosquito transmissor da dengue e de outras doenças.

O segundo experimento consistiu na comparação, pixel a pixel de um grupo de sinais gerados a partir do mesmo gibi com aqueles gerados pelo SignWriting (Sutton (2012) usando um comparador de imagens simplificado, DiffImg (DiffImg (2015))).

### 6.1 Geração da Escrita em SignWriting do Gibi da Turma da Mônica

A escolha do gibi da Turma da Mônica se justifica pela sua utilização em uma pesquisa realizada pela Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos (FENEIS), em parceria com o Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional (NILC) da Universidade de São Paulo (USP). Gerar esse material teve como objetivo proporcionar mais uma alternativa para esse trabalho.

É importante neste contexto, destacar o apoio da coorientadora deste trabalho, professora Tanya Felipe do Amaral, linguista do INES e com vasto conhecimento e contato direto com a Comunidade Surda, que pode auxiliar de forma contínua na elaboração desta tese, sobretudo na parte dos testes de relevância para a qualidade final da ferramenta.

As histórias já conhecidas da Turma da Mônica são construídas com base na psicologia do senso comum e, por isso, tornam-se compreensíveis e oferecem oportunidades para as crianças aprenderem, informalmente, sobre aspectos do mundo social. Por exemplo, ao lerem histórias em quadrinhos as crianças têm oportunidades de ampliar seus conceitos sobre emoções. Outro ponto importante das histórias em quadrinhos escolhidas é o fato de que muitas delas estão ligadas a temas de relevância nos dias atuais, incluindo educação no trânsito, educação financeira, alimentação saudável, voto consciente, defesa do consumidor, uso racional da água, higiene pessoal, acessibilidade, problemas de pele ocasionados pelo sol, trabalho infantil e tanto outros. Entre esses temas está também o escolhido para fazer parte dessa tese, afinal, o “Pequeno Grande Vilão” trata do problema do mosquito *Aedes Aegypti*, presente nas regiões tropicais e durante o verão nas regiões subtropicais no país (Alves (2001)).

A Geração da escrita em SignWriting do gibi foi realizada a partir da transcrição em glosa da Libras, pois desde a criação do Sistema de Transcrição de Stokoe para a descrição fonológica dos sinais, várias lacunas para representar marcas não-manuais e traços morfossintático-discursivos foram observadas. Sendo assim, os linguistas que começaram a descrever as línguas de sinais sentiram a necessidade de criar um sistema mais acessível, que também desse conta de descrever esses aspectos morfossintático-discursivos de uma língua de modalidade gestual-visual que não



possuía uma escrita e que fosse compreensível para os leitores que não conheciam uma língua de sinais (Felipe (2014)).

Desta forma, surgiram sistemas de transcrição que, utilizando também sinais gráficos e tipográficos, podiam representar especificidades morfo-sintáticas-discursivas da língua de sinal transcrita em glosa, entendendo-a como uma representação semântica de um sinal a partir de uma unidade fonográfica escrita de uma língua oral auditiva. Felipe (1989) buscando apresentar seus dados sobre a estrutura frasal, da Libras em contexto coletados na Associação de Surdos de Pernambuco, por meio de filmagens de conversações e narrativas espontâneas, criou um sistema de transcrição em glosa que representava sinais da Libras em palavras do português e de sinais gráficos e tipográficos e, por isso, teve de fazer modificações e acréscimos às convenções utilizadas por linguistas que utilizavam glosas em Língua Inglesa.

Essa transcrição em glosa em Libras do gíbi foi utilizada nos testes de transcodificação da ferramenta. O objetivo foi aferir se a ferramenta teria o potencial para fazer a geração dos sinais do SignWriting a partir da transcrição dos sinais da Libras pelo CORE-SL. Nas Tabelas 6.1 a 6.8, é possível observar o resultado do experimento de avaliação, contendo o trecho original retirado do gíbi, a transcrição em glosa da Libras utilizada e o SignWriting de saída da ferramenta.

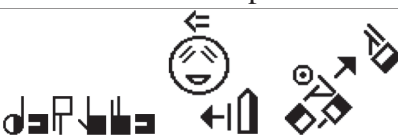
<b>Original do Gíbi</b>	Vamos combater a dengue!
<b>Glosa da Libras</b>	D-E-N-G-U-E IR 1pVENCER2s
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.1: Tabela com o Gíbi - Parte 1 .

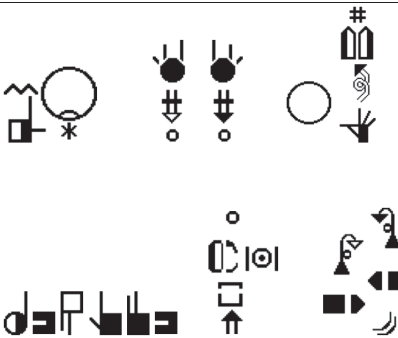
<b>Original do Gíbi</b>	O mosquito da dengue nasce e se desenvolve em água parada!
<b>Glosa da Libras</b>	ÁGUA LARGAD@. MOSQUITO D-E-N-G-U-E SURGIR DESENVOLVER
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.2: Tabela com o Gíbi - Parte 2.

<b>Original do Gíbi</b>	Por isso temos que manter a caixa d'água fechada!
<b>Glosa da Libras</b>	PORISSO CAIXA-ÁGUA PRECISAR FECHAR-TAMPA coisa-chata

<b>SignWriting</b>	
--------------------	--

Tabela 6.3: Tabela com o Gibi - Parte 3 .

<b>Original do Gibi</b>	Tomar cuidado com vasos... garrafas... latas... pneus velhos!
<b>Glosa da Libras</b>	CUIDADO! VASO FLOR GARRAFA FERRO COISA-REDONDA PNEU VELH@.
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.4: Tabela com o Gibi - Parte 4 .

<b>Original do Gibi</b>	Tudo que acumule água
<b>Glosa da Libras</b>	TUDO ÁGUA DENTRO
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.5: Tabela com o Gibi - Parte 5 .

<b>Original do Gibi</b>	Se você tiver febre alta, dores musculares, de cabeça, nos joelhos, cotovelos e mal estar em geral
-------------------------	--

<b>Glosa da Libras</b>	S-I VOCÊ FEBRE ALT@, MÚSCULO DOR ,CABEÇA-DOR ,JOELHO COTOVELO DOR
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.6: Tabela com o Gibi - Parte 6 .

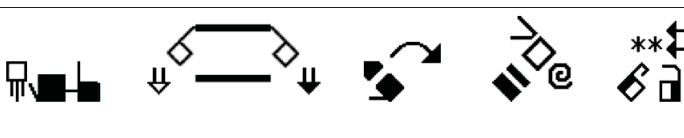
<b>Original do Gibi</b>	Procure serviços médicos
<b>Glosa da Libras</b>	M-A-L CORPO-TODO PROCURAR MÉDICO.
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.7: Tabela com o Gibi - Parte 7 .

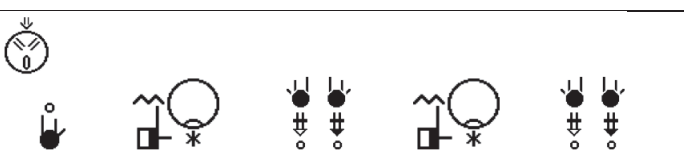
<b>Original do Gibi</b>	Água parada cascão! Água parada!
<b>Glosa da Libras</b>	SÓ ÁGUA LARGAD@! ÁGUA LARGAD@!
<b>SignWriting</b>	

Tabela 6.8: Tabela com o Gibi - Parte 8 .

O resultado do primeiro experimento de avaliação foi satisfatório, visto que 100% do material transcrito foi gerado e todo texto em glosa da Libras foi traduzido para o seu correspondente em SignWriting. Também foi elaborada, de forma humana com o apoio de um editor, a adaptação das próprias páginas do gibi da Turma da Mônica, na qual a fala na Língua Portuguesa de um balão foi substituído pelos sinais da Libras em SignWriting gerados pelo CORE-SL-SW Generator. Na figura 6.1 pode-se ver uma página do gibi com a frase alterada para sinais em SignWriting correspondente à glosa da Libras. Isso é um exemplo de possibilidade do uso futuro da ferramenta no contexto da educação.

## 6.2 Comparação dos Sinais

O segundo experimento de testes teve como objetivo aferir a qualidade dos sinais gerados pela ferramenta desenvolvida. Para realizar essa aferição, foi utilizada a DiffImg, que é uma ferramenta que permite identificar a diferença entre duas imagens, comparando-as lado a lado. Assim, destacam-se as pequenas diferenças que parecem imperceptíveis à primeira vista, não sendo facilmente notadas, nem mesmo ao analisar as imagens de perto.



Figura 6.1: Trecho do Gibi da Turma da Mônica em SignWriting

Para o funcionamento da DiffImg, é necessário selecionar duas imagens que se deseja comparar, e elas aparecerão na janela principal. Após selecioná-las, as diferenças são destacadas na imagem que foi selecionada como a principal, para que seja possível identificá-las. Além disso, uma caixa de diálogo também irá aparecer onde será especificado o nível de similaridade entre as imagens e a porcentagem de diferenças entre os *pixels* destacados. Desta forma, a ferramenta se encaixou nas necessidades do experimento de teste (DiffImg (2015)).

Para selecionar o conjunto de sinais que faz parte do experimento de testes, foi realizado um trabalho em conjunto com outros dois membros do Grupo de Pesquisa em Design de Interação para o Desenvolvimento e Inclusão Social: Antônio Marcos e Gustavo Herbig, que estão em fase de conclusão das suas dissertações de mestrado. A decisão de montar o conjunto de sinais para o teste da ferramenta em parceria com os outros pesquisadores se deu pelo fato de que essas pesquisas que deram lugar às duras dissertações se inserem na mesma arquitetura HCI-SL e, portanto estão diretamente relacionados a esta tese. Assim, os sinais selecionados foram utilizados para realizar os experimentos de todos os trabalhos que fazem parte da Arquitetura, proporcionando maior robustez à pesquisa e maior potencial visibilidade do projeto.

A composição do conjunto de sinais para os testes foi realizada pela junção de requisitos morfológicos e contemplavam os componentes de cada um dos trabalhos associados à Arquitetura, ou seja, os sinais representativos do SW existentes na base da SingWriting.org, que também atendiam determinados requisitos pelas regras morfológicas e além disso, contemplam os componente minimais do CORE-SL.

A seleção dos sinais foi realizada, primeiramente e do ponto de vista computacional, com base nos sinais disponíveis na base oficial da SignWriting.org. Como requisitos linguísticos, foi estabelecida a necessidade de incluir sinais com os diferentes parâmetros do nível fonológico da Libras, assim como os diferentes tipos de sinais do ponto de vista de sua composição morfológica. Nas tabelas 6.9 até 6.18, notam-se os sinais escolhidos do gibi para o teste e o sinal “surdo”, além de sua justificativa de escolha, os elementos que compõem o sinal pelo CORE-SL e pelo SignWriting.

Tabela 6.9: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Água


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Água</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org</p> <p>Palavra muito utilizada (necessidade básica do ser humano).</p>	<p>expressão não manual: neutra (posicionamento)</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>locação: cabeça-loc (queixo)</p> <p>movimento-local: dedos movimento</p> <p>movimento: mão dominante &gt; contato-mov.</p>	<p>Expressão facial: face.</p> <p>Configuração de Mão: do Grupo 9 – Indicador + polegar</p> <p>Contato-movimento: toque</p> <p>Símbolo de Dedos: articulações proximais abrem e fecham juntas.</p>

Tabela 6.10: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Ir(vamos)


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>IR(vamos)</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Verbo de grande frequência de utilização</p> <p>Possui expressão facial com detalhes na parte superior e inferior do rosto.</p>	<p>expressão não manual:</p> <p>&gt;parte superior: sobran- celhas franzidas &gt; parte inferior: boca semia- berta</p> <p>cabeça exp: inclinação para o lado direito</p> <p>mão dominante: confi- guração de mão</p> <p>locação: espaço-loc &gt; proximidade: pro- ximal &gt; deslocamento- ipsilateral: paralelo ao peito &gt; localizacao- central: queixo/pes- coço.</p> <p>movimento: : esquerda para a direita, horizontal e paralelo a parede.</p>	<p>expressão facial: Grupo 2: Sobracelhas: so- brancelhas para cima + Grupo 7 boca: metade sorriso e metade reta.</p> <p>configuração de mão: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>movimento: direita e ca- beça</p>

Tabela 6.11: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Mosquito


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Mosquito</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Sinal Composto em Signwriting</p>	<p>expressão não manual: neutra</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>locação: espaço-loc &gt; proximidade: proximal &gt; deslocamento-ipsilateral: paralelo ao rosto &gt; localização-central: nariz.</p> <p>movimento: &gt; vertical, para cima, horário</p> <p>contato-movimento: &gt; bater</p>	<p>expressão facial: face</p> <p>configuração de mão: do grupo 8 – indicador + polegar</p> <p>configuração de mão: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>contato: bater</p> <p>movimento: para cima, laço e para cima</p>



Tabela 6.12: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Falar


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Verbo muito utilizada (necessidade básica do ser humano.</p>	<p>expressão não manual: rosto &gt; parte inferior &gt; lábios cerrados.</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>locação: espaço-loc &gt; proximidade: proximal &gt; deslocamento-ipsilateral: paralelo ao peito &gt; localização-central: pescoço.</p> <p>movimento: &gt; contorno &gt; circular &gt; direcionalidade &gt; para frente e para cima &gt; plano &gt; vertical &gt; frequência &gt; duas</p>	<p>expressão facial: grupo 7: boca – boca reta, fechada</p> <p>configuração de mão: do grupo 3 – indicador + médio + polegar</p> <p>movimento: circular (cima e frente (2 vezes)).</p> <p>dinâmica: suave</p>

Tabela 6.13: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Fechar + Tampa


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Fechar</p> <p>+ Tampa</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>os classificadores, que funcionam como morfemas, isso ocorre nos sinais de número 5 e 7</p>	<p>Fechar</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>mão não dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: plano&gt; horizontal, direcionalidade&gt; da direita para a esquerda</p> <p>contato movimento: toque</p> <p>Tampa</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>mão não dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: plano&gt; vertical, direcionalidade&gt; para baixo, frequência&gt; 2</p>	<p>Fechar</p> <p>configuração de mão: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>configuração de mão não dominante: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>Contato-movimento: toque</p> <p>movimento: curva do dedo mínimo para frente e para o lado</p> <p>Tampa</p> <p>configuração de mão: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>configuração de mão não dominante: do grupo 5 – cinco dedos</p> <p>movimento: mão direita, para baixo</p>

Tabela 6.14: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Dor


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Dor</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Palavra muito utilizada (necessidade básica do ser humano.</p>	<p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: plano&gt; vertical, direcionalidade&gt; para cima e para baixo, frequência&gt; 2</p>	<p>configuração de mão: do grupo 8 – indicador + polegar</p> <p>movimento: mão direita, vertical, para cima e para baixo.</p> <p>movimento de eixo: movimento de rotação de pulso.</p>

Tabela 6.15: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Vaso + Flor


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Vaso + Flor</p> <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Justaposição de um classificador com um item lexical, nesse processo o classificador não é uma marca de gênero e funciona como um clítico.</p>	<p>Vaso</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>mão não dominante: configuração de mão</p> <p>mão dominante: configuração de mão com troca de visão da palma</p> <p>mão não dominante: configuração de mão com troca de visão da palma</p> <p>movimento: mão dominante &gt; plano&gt; vertical, direcionalidade&gt; para cima e para esquerda, frequência&gt; 1</p> <p>movimento: mão não dominante &gt; plano&gt; vertical, direcionalidade&gt; para cima e para direita, frequência&gt; 1</p> <p>Flor</p> <p>expressão não manual: parte inferior: lábios protuberantes</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: plano&gt; vertical, direcionalidade&gt; para cima e para direita, frequência&gt; 2</p>	<p>Vaso</p> <p>configuração de mão: do grupo 5: cinco dedos</p> <p>configuração de mão não dominante: do grupo 5: Cinco Dedos</p> <p>movimento mão dominante: para o lado e para cima</p> <p>movimento mão não dominante: para o lado e para cima</p> <p>Flor</p> <p>expressão facial: destaque boca e nariz</p> <p>configuração de mão: do grupo 8: dedo indicador e polegar</p> <p>movimento: para frente e por cima</p>

Tabela 6.16: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Você


Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>Sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>Palavra muito utilizada (necessidade básica do ser humano).</p> <p>sinal com uso da frequência do parâmetro de movimento</p>	<p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: mão dominante &gt; direcionalidade &gt; para frente &gt; plano &gt; horizontal &gt; frequência &gt; duas</p>	<p>configuração de Mão: do Grupo 1 – Indicador</p> <p>movimento: mão direita, para frente e duas vezes</p>

Tabela 6.17: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Médico



Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 <p>sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>palavra muito utilizada (necessidade básica do ser humano).</p>	<p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>mão não dominante: configuração de mão</p> <p>movimento: mão dominante &gt; contorno &gt; circular &gt; direcionalidade &gt; da esquerda para a direita &gt; plano &gt; vertical &gt; frequência &gt; duas</p> <p>contato-movimento mão não dominante: toque (2 vezes)</p>	<p>expressão facial: face.</p> <p>configuração de Mão: do Grupo 9 – Indicador + polegar</p> <p>contato-movimento: toque</p> <p>símbolo de Dedos: articulações proximais abrem e fecham juntas.</p>

Tabela 6.18: Justificativa da escolha dos sinais para teste: Surdo

Sinal/Justificativa	Nível Fonológico (CORE-SL)	Nível Escrita (Sign-Writing)
 Surdo <p>sinal existente na base da Sigwriting.org)</p> <p>palavra muito utilizada (necessidade básica do ser humano.</p> <p>sinal representante da Comunidade.</p>	<p>expressão não manual: neutra (posicionamento)</p> <p>mão dominante: configuração de mão</p> <p>locação: cabeça-loc (orelha)</p> <p>movimento: mão dominante &gt; contato-mov.</p>	<p>expressão facial: face (posicionamento).</p> <p>configuração de Mão: do Grupo 1 – Indicador</p> <p>contato-movimento: toque (1 vez)</p>

Os resultados do experimento de avaliação foram satisfatórios, tendo apresentando um índice de similaridade acima de 93% em todos os testes. Estes experimentos, juntamente com seus resultados, são indicadores da viabilidade da futura geração de diversos materiais em SignWriting tais, como livros, apostilas e outros.

Na Figura 6.2, vê-se o sinal em Libras da palavra em Português “surdo” sendo analisado pela ferramenta de comparação, onde são carregadas diretamente no DiffImg duas imagens, uma gerada pela ferramenta e outra existente na base oficial da SingWriting.org para análise, e a tabela 6.19 apresenta o xml descritivo da Libras deste sinal por meio do CORE-SL, que foi usado para alimentar a ferramenta na geração do sinal para teste. Nos Apêndices D e E, estão o xml descritivo das palavras “você” e “água”, além do resultado da sua análise pelo DiffImg respectivamente. Todos usados para alimentar a ferramenta de geração em questão.

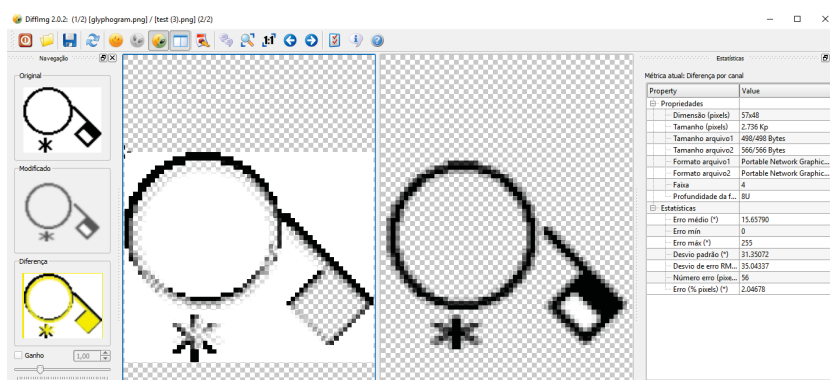


Figura 6.2: Análise comparativa do sinal da Libras “surdo”.

```

<sinal>
<sinal-nome>“surdo”</sinal-nome>
<suspensao>
<sequencia>“um”</sequencia>

```

```

<relacao-maos>“nenhuma”</relacao-maos>
<configuracao-mao-dominante>
<articulacao>“aberta ”</articulacao>
<braco>“verticaldobrado ”</braco>
<juncao>“unidoslado ”</juncao>
<disposicao-dedos>“fechado ”</disposicao-dedos>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato>“almofadanaunha ”</polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“fechado ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato>“anelar ”</polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao>“aberto ”</indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao>“unidoslado ”</indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao>“fechado ”</medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao>“unidoslado ”</medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao>“fechado ”</anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao>“unidoslado ”</anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao>“fechado ”</minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao>“unidoslado ”</minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao>“vertical ”</orientacao-mao>
<orientacao-palma>“cima ”</orientacao-palma>
<orientacao-dedos>“esquerda ”</orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“maodominante ”</lado-corpo>
<localdif>“direita ”</localdif>
<cabeca-loc>“orelha ”</cabeca-loc>
<cabeca-contato>“dedospontas ”</cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato>“dedospontas ”</mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
<indicador-loc>“ponta ”</indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“proximal ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral>“paralelolinhamedial”</deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central>“testa(lateral)”</localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>

```



```

</locacao>
<movimento-local>
<antebraco-mov></antebraco-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-dominante>
<configuracao-mao-nao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<juncao></juncao>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“ ”</lado-corpo>
<localdif>“ ”</localdif>
<cabeça-loc></cabeça-loc>
<cabeça-contato></cabeça-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>

```

```

<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“ ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral></deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central></localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraco-mov></antebraco-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-nao-dominante>
</suspensao>

<expressao-nao-manual>
<especifica>“neutra ”</especifica>
<rosto>
<parte-superior></parte-superior>
<parte-inferior></parte-inferior>
</rosto>
<cabeca-exp></cabeca-exp>
<tronco-exp></tronco-exp>
</expressao-nao-manual>

<movimento>

```

```

<mao-dominante>
<tipo>
<contorno>“reto ”</contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov>“toque ”</contato-mov>
<contato-local>“queixo” </contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade>“normal ”</velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“queixo ”</sentido>
<unidirecional>“paraesquerdabaixo(diagonal) ”</unidirecional>
<bidirecional>“”</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>“vertical ”</plano-movimento>
<plano-local>“rosto ”</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes>“uma ”</vezes>
<frequencia>“simples ”</frequencia>
</frequencia>
</mao-dominante>

<mao-nao-dominante>
<tipo>
<contorno></contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>“ ” </contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“ ”</sentido>
<unidirecional>“ ”</unidirecional>
<bidirecional>“”</bidirecional>
</direcionalidade>

```

```

<plano>
<plano-movimento>“ ”</plano-movimento>
<plano-local>“ ”</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-nao-dominante>
</movimento>
</sinal>

```

Tabela 6.19: Tabela com a Transcrição do Sinal “Surdo” em Libras no XML do CORE-SL.

A Tabela 6.20 final, apresenta o resultado do experimento de teste realizado com cada um dos sinais do conjunto. Na Figura 6.3 está o gráfico com a compilação dos resultados com observação do nível atingido na similaridade. Ele foi calculado fazendo a subtração de 100 pela taxa de erro em pixels apresentada pela ferramenta. Um próximo experimento de teste que será desenvolvido é para verificar o motivo que as taxas de erro de similaridade não são iguais, de início acredita-se que é devido a quantidade de primitivas que compõem os sinais variar.

<b>Sinal</b>	<b>Taxa de Erro na Similaridade por Pixels (%)</b>
Água	6,1274
IR (vamos)	1,112
Mosquito	3,2703
Falar	1,6789
Fechar+Tampa	5,9987
Dor	4,2356
Vaso + Flor	5,8777
Você	1,35714
Médico	1,407
Surdo	2,043

Tabela 6.20: Tabela com Resultado dos Testes de Validação da Ferramenta por Sinais.



Figura 6.3: Gráfico do Resultado de Teste de Validação da Ferramenta

## 7 Conclusões e Trabalhos Futuros

Essa tese é resultado de uma pesquisa desenvolvida no âmbito da Universidade Federal do Paraná com a colaboração permanente de uma pesquisadora do Instituto Nacional de Educação de Surdos. A pesquisa teve início a partir de diversos estudos bibliográficos sobre o tema, e foi estimulada pelo contato direto com uma comunidade de Surdos associada ao polo UFPR curso de Letras-Libras. Com essa aproximação, notou-se a necessidade real em relação ao acesso à informação e ao conhecimento, pelos Surdos, em sua língua preferencial. Assim, a motivação inicial para a realização desta tese foi de cunho sócio-educacional: buscava atender à necessidade de proporcionar ferramentas tecnológicas que apoiassem os surdos e suas comunidades no exercício pleno da cidadania e na sua inclusão na sociedade.

Nesse contato próximo com a comunidade da UFPR, também foi observado que o mero desenvolvimento de ferramentas não era suficiente, mesmo em se considerando que o número de tecnologias ditas assistivas para outros tipos de pessoas com deficiência, como cegos e pessoas com dificuldades motoras era muito maior. Havia a necessidade do desenvolvimento de ferramentas que se adequassem às reais necessidades das pessoas Surdas.

O trabalho apresentado nesta tese faz parte da HCI-SL, a Arquitetura Computacional para a Interação Humano-Computador em Línguas de Sinais e depende do CORE-SL, uma linguagem formal capaz de descrever a composição fonológica dos sinais pelos seus constituintes minimais. Como dito anteriormente, a arquitetura HCI é ambiente integrado de ferramentas computacionais desenvolvidas a partir de um conjunto de hipóteses e estratégias metodológicas com potencial de tratar a Libras de forma correta, tanto do ponto de vista linguístico quanto computacional.

Com base na HCI-SL e no CORE-SL, e a partir das primitivas em SignWriting que formam um determinado sinal, geradas numa primeira etapa da pesquisa, o maior desafio enfrentado na construção da ferramenta consistiu na necessidade de completar a grafia em SignWriting com o posicionamento das primitivas no espaço de sinalização. A investigação e a escolha das tecnologias proporcionaram o suporte necessário à resolução do problema.

As saídas do gerador foram testadas por meio de dois experimentos: a geração de SignWriting a partir de textos de gibis usado em contexto real na alfabetização de surdos no INES e a comparação entre os sinais gerados pela ferramenta e a sua escrita oficial pelo órgão internacional de referência do SignWriting. Ambos tiveram resultados satisfatórios.

Considerando a dificuldade no uso e elevado tempo para geração dos sinais das ferramentas revisadas como uma das hipóteses da não apropriação deste sistema de escrita pelas Comunidades Surdas ao redor do mundo, os resultados esperados emergem naturalmente. Contrariamente às ferramentas de criação de textos escritos em SignWriting, que demandam um período de tempo significativo para compor um único sinal e, assim, inviabilizam a geração de materiais longos como livros, apostilas e outros, o Gerador de SignWriting permite não somente que os sinais sejam criados mais rapidamente pelo usuário a partir de sua especificação nos componentes dos sinais, mas, também, que eles surjam de forma automática como resultado de processos de interação usuário-sistema derivados da mesma Arquitetura, entre os quais a

solicitação de acesso à informação associada a um verbete da Libras e a tradução de uma palavra da Língua Portuguesa em Língua de sinais.

É possível destacar, como contribuições da tese, as seguintes: a descrição de todas as primitivas do SignWriting pelo CORE-SL para a composição da base de dados, a transformação de todas as locações do CORE-SL em coordenadas x,y para o correto posicionamento das primitivas na formação dos sinais e o desenvolvimento do espaço de sinalização com o uso do Canvas-HTML5 e os dois experimentos de testes, geração do gibi da Turma da Mônica e comparação pixel a pixel dos sinais do SignWriting pela ferramenta DiffImg.

A estatura da contribuição pode ser mensurada, ainda, a partir do fato de que mesmo ferramentas desenvolvidas pela própria organização criadora e mantenedora do SignWriting apresentam os problemas gerais relatados ou são dicionarizadas. A exigência de que cada sinal das línguas de sinais tenha seu correspondente salvo para realizar uma tradução, evidencia que o gerador dessa Organização não considerava, pelo menos à época de sua criação, o contexto da arquitetura onde a presente tese se insere, com o cenário futuro de o SignWriting poder se apresentar como uma das saídas do processo de tradução automática Português Língua de sinais escrita.

O gerador tem aplicação natural no contexto real de ensino/aprendizagem do SignWriting junto às comunidades Surdas, podendo, adicionalmente, ser parte da saída de uma ferramenta de consulta durante a atividade de escrita neste sistema de escrita das línguas de sinais.

Um ponto importante a se destacar é que o SignWriting é incompleto em relação à composição das LS e, portanto, em relação ao CORE-SL. Este é o motivo pelo qual a volta na geração da descrição dos sinais pelo CORE-SL a partir do sinal em SignWriting não é determinística, porque na geração se abstrai uma quantidade de informação que, na volta, deve ser resgatada a partir de outras estratégias. Ou seja, não tem uma função inversa deste módulo da Arquitetura HCI-SL. Um possível solução para esse caminho inverso é uma busca entre sinais por proximidade e isso deverá ser incluído em trabalhos futuros.

Por último, considerando que diversas línguas de sinais são compostas pelo mesmo conjunto de primitivas (tanto no nível fonológico da língua quanto no conjunto de primitivas de suas grafias), conjectura-se que o CORE-SL e a ferramenta podem gerar sinais para qualquer outra língua de sinais, sendo, portanto universais.

Foram muitas as dificuldades encontradas no desenvolvimento deste projeto de tese. Entre elas, é possível citar a necessidade de se trabalhar com uma língua totalmente diferente da nossa língua natural (Português), desenvolver um módulo que, apesar de funcionar de forma independente, precisará ser integrado a um projeto maior e, principalmente, a descrição exaustiva do extenso conjunto de primitivas do SignWriting pelo CORE-SL.

Como limitações desta tese, tem-se a o número de sinais que compuseram o conjunto utilizado para os experimentos, um subconjunto próprio e pouco significativo frente aos sinais da Libras, o que restringe o escopo dos resultados de sucesso dos experimentos. O cadastramento de um conjunto de sinais de maiores proporções deverá ser realizado em um trabalho técnico específico, dada a necessidade de uma solução de cadastramento inteligente capaz de agilizar esta tarefa. Também como limitações, mas da ferramenta, é possível citar a leitura de somente um formato de arquivo de entrada - o XML e, ainda, não dar suporte ao JSON. Outro ponto de fragilidade se refere a que a interface da ferramenta de cadastro não oferece acesso adequado em Libras ou em SignWriting. Esse problema será foco de outro trabalho de pesquisa quando este módulo for integrado aos demais da Arquitetura.

Como trabalho futuro está previsto o desenvolvimento de outros módulos da Arquitetura, como o ambiente de consulta ao Dicionário da Libras, o Módulo Sintático-Semântico-Discursivo da Morfologia desta Língua de sinais e um *Avatar* inteligente capaz de se constituir numa



alternativa de saída interpretada do tradutor Português-Libras. Todos estes módulos se integrarão à ferramenta em questão, e, juntos, serão as bases de novos trabalhos acadêmicos envolvendo os módulos da arquitetura e diversas aplicações na Educação.

Outros dois pontos importantes a serem incluídos como trabalhos futuros, são a investigação das causas das diferenças entre as taxas de erros apresentadas pela comparação pixel a pixel dos sinais gerados pela ferramenta e a tradução de sinais de outras línguas de sinais, como a *American Sign Language* e *Langue des Signes Française*, com o objetivo de provar a univesalidade do CORE-SL.

## REFERÊNCIAS

- Aliabdallaesmin, B. (2010). *Modelando com uml - unified modeling language*. Instituto de Informática - Universidade Luterana do Brasil.
- Alves, J. M. (2001). Histórias em quadrinhos e educação infantil. *Psicologia: Ciências e Profissão*, 21(3).
- Antunes, D. R. (2011). Um modelo de descrição computacional da fonologia da língua de sinais brasileira. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Antunes, D. R. (2015). *Proposta de um Modelo Computacional para Representação de Sinais em uma Arquitetura de Serviços HCI-SL para Línguas de Sinais*. Tese de doutorado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Apple, Foundation, M. e Software, O. (2004). Whatwg - web hypertext application technology working group. <https://whatwg.org/>. Acessado em 17/05/2016.
- Baptista, F. (2007). F-libras -ambiente integrado para Língua brasileira de sinais. *Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR)*.
- Barros, M. E. (2008). *ELIS: Escrita das Línguas de Sinais: proposta teórica e verificação prática*. Tese de doutorado, Centro de Comunicação e Expressão - Pós-Graduação em Linguística - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC.
- Barth, C., Silva, A. A. e Santarosa, L. M. C. (2002). Aquisição da escrita de sinais por crianças surdas através de ambientes digitais. *Escola de Informática - Unviersidade Católica de Pelotas*.
- Bianchini, C., Borgia, F., Bottoni, P. e de Marisco, M. (2012). Swift - a signwriting improved fast transcriber. *International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*.
- Brasil (2002). *Lei n. 10436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Libras - Língua Brasileira de Sinais e da outras providencias*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Campos, M. B. (2008). Editor de línguas de sinais. *Pontifícia Univesidade Católica do Rio Grande do Sul*.
- Capovilla, F. C. e Raphael, W. D. (2001). *Dicionário enciclopédico ilustrado trilingue da língua de sinais brasileira*. Editora da Universidade de São Paulo.
- Channon, R. e Butler, C. (2010). Transcription systems as input to coding systems: Signwriting & signtyp. *Theoretical Issues in Sign Language Research Conference*.
- Cooper, A. (1999). *The Inmates Are Running the Asylum: Why High-Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity*. Sams Publishing.

- da Rocha Costa, A. C. e Dimuro, G. P. (2003). Signwriting and swml: Paving the way to sign language processing. *Traitement Automatique des Langues Naturelles/Workshop on Natural Language Processing of Minority Languages and Small Languages*, Acte of TALN 2003:193–202.
- da Silva Rosa, A. (2005a). *Entre a visibilidade da tradução de sinais e a invisibilidade da tarefa do intérprete*. Editora Arara Azul, Campinas.
- da Silva Rosa, A. (2005b). Entre a visibilidade da tradução de sinais e a invisibilidade da tarefa do intérprete. *Ed. Arara Azul, Campinas*.
- de Araujo Lima, D. M. C. (2006). Educação infantil. saberes e práticas da inclusão: Dificuldades de comunicação e sinalização. *Surdez, MEC: Secretaria de Educação Especial*.
- de Lourdes da Silva, E. (2012). A importância da escrita. <http://lendoerelendo1.blogspot.com.br/2012/07/a-importancia-da-escrita.html>. Acessado em 17/05/2016.
- de Quadros e L. B. Karnopp, R. M. (2005). *Língua de sinais brasileira: estudos linguísticos*. Artmed, Porto Alegre.
- de Souza, M. (2013). "a turma da mônica - um pequeno grande vilão". <http://turmadamonica.uol.com.br/dengue/>. Acessado em 12/06/2018.
- DiffImg (2015). Simple image comparison tool. <https://sourceforge.net/projects/diffimg>. Acessado em 12/06/2018.
- Dorneles, A. M. M. (2013a). A importância da escrita para estabelecimento da comunicação entre os povos. <https://ciepdecristal.wordpress.com/>. Acessado em 17/05/2016.
- Dorneles, A. M. M. (2013b). A importância da escrita para estabelecimento da comunicação entre os povos. <https://ciepdecristal.wordpress.com/>. Acessado em 17/05/2016.
- Duncan, J. (2009). Signwriter studio - the ultimate program for writing sign languages.
- Felipe, T. A. (1989). Bilinguismo e surdez. *Trabalhos em Lingüística Aplicada*, 14:101–112.
- Felipe, T. A. (2014). Banco de dados e sistemas de transcrição para as línguas de sinais. *Instrumentos Linguísticos: usos e atualizações*, páginas 155–188.
- Fernandes, S. (2007). Os sotaques dos sinais. *Língua Portuguesa*, (25):28–33.
- Garcez, T. (2018). "qual a importância da escrita?". <http://centroevolvere.com.br/blog/qual-a-importancia-da-escrita/>. Acessado em 06/06/2018.
- García, L. S., aes, C. G., Antunes, D. R. e Fernandes, S. (2013). Hci architecture for deaf communities cultural inclusion and citizenship. *Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS*, 3:68–75.
- Gleaves, R. (2004). Editor de texto em sinais em signwriting. *Deaf Action Committe, USA*, 9176.
- Gonçalves, D. A. (2013). Avatar 3d para a síntese automática de sinais da língua de sinais brasileira. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

- GP-Libras-FENEIS (2005). Dicionário da libras. <http://www.librasemcontexto.org/>. Acessado em 17/05/2018.
- Guimarães, C., Antunes, D. R., García, L. S. e Junior, A. M. (2011). Empowering collaboration among the deaf: Internet-based knowledge creation system. *IADIS WWW/Internet 2011 Conference. Proceedings of the IADIS International Conference on WWW/Internet*, páginas 137–144.
- HTML5 (2011). The html 5 javascript api index. <http://html5index.org/>. Acessado em 17/05/2016.
- Hulst, H. G. e Channon, R. (2010). Notation systems. in: Diane Brentari. *Sign Language, Cambridge Survey of Sign Linguistics and Sign Languages*, páginas 151–217.
- Iatskiu, C. E. A. (2014). Serviço web para a interpretação do modelo fonológico da libras para os símbolos gráficos do signwriting. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Iatskiu, C. E. A., García, L. S., Canteri, R. D. P. e Antunes, D. R. (2015). The low use of signwriting computational tools from hci perspective. *Springer International Publishing Switzerland 2015*, 9176:373–382.
- Junior, F. C. (2000). *Programanado para web com php*. UPE - POLI - Engenharia Eletrônica.
- Liddell, S. K. e Johnson, R. E. (2002). American sign language: The phonological base. Valli, C. & C. Lucas (org.) *Linguistics of American Sign Language: an introduction*. Washington, 3. Edition.
- Lázaro, J. M., Juan, R. H. S., Alvarez, M. A., Alvarez, R., Langa, S. A. e Prados, G. M. M. (2014). Manual de canvas do html 5 - manual do elemento canvas do html 5 no qual aprenderemos a desenhar sobre as telas, utilizando javascript e o api de canvas. <http://www.criarweb.com/manual-canvas-html5/>. Acessado em 17/05/2016.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press - New York.
- Norman, D. A. (1988). *Psychology of Everiday Things*. Everyday Things.
- Pichiliani, M. (2012). *Aplicações para quem usa sql*. iMaster.
- Porfirio, A. J. (2013). Reconhecimento das configurações de mão da libras a partir de malhas 3d. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Prillwitz, S., Leven, R., Zienert, H., Hanke, T. e Henning, J. (1989). Hamnosys version 2.0: Hamburg notation system for sign languages: An introductory guide. *International Studies on Sign Language and the Communication of the Deaf*, páginas 195–278.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface*. Addison Wesley Reading.
- Silva, W. A. L. (2015). Laravel tutorial: introdução ao framework laravel para criar nossas aplicações em php. <https://www.devmedia.com.br/laravel-tutorial/33173/>. Acessado em 17/10/2018.

- Skliar, C. B. (1997). A educação para os surdos entre a pedagogia especial e políticas para as diferenças. *Anais do Seminário Desafios e Possibilidades na Educação Bilíngue para Surdos*, páginas 27–42.
- Slevinski, S. E. (2016). Signmaker 2015 manual. *Simpósio Internacional de SignWriting*, página 3.
- Stokoe, W. C. (1960a). *Sign Language Structure*. Silver Spring, M.D., Linstok Press.
- Stokoe, W. C. (1960b). Sign language structure: An outline of the visual communication systems of americandef. *Studies in Linguistics: Occasional paper*, 8.
- Strobel, K. L. (2008). *Surdos: Vestígios Culturais Não Registrados na História*. Tese de doutorado, Tese de Doutorado- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC.
- Stumpf, M. (2005). *Aprendizagem de escrita de língua de sinais pelo sistema SignWriting: línguas de sinais no papel e no computador*. Tese de doutorado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS.
- Stumpf, M. R. (2000a). Língua de sinais: escrita dos surdos na internet. *V Congresso Ibero americano de Informática Educativa*.
- Stumpf, M. R. (2000b). Língua de sinais: escrita dos surdos na internet. *V Congresso Ibero americano de Informática Educativa*.
- Sutton, V. (2012). Signbanksite - write sign languages with signwriting software. <http://signbank.org>. Acessado em 17/05/2016.
- Sutton, V. (2013a). Oficialização alfabeto internacional do signwriting. *SignWriting.org*.
- Sutton, V. (2013b). "singwriting for sign languages". <http://www.signwriting.org/>. Acessado em 17/05/2018.
- Tognazzini, B. (1999). *A Quiz Designed to Give You Fitts*. Ask Tog.
- Valli, C. e Lucas, C. (2002). Linguistics of american sign language: an introduction. *Valli, C. & C. Lucas (org.) Linguistics of American Sign Language: an introduction*. Washington, 3. Edition.
- Wöhrmann, S. (2016). Delegs-editor: A step-by-step video tutorial: Learn to create signwriting documents. *Simpósio Internacional de SignWriting*, página 3.

# APÊNDICE A: UML

O Apêndice 1 é composto pelos Diagramas da UML do Projeto do Gerador.

## A.1 Diagrama de Caso de Uso

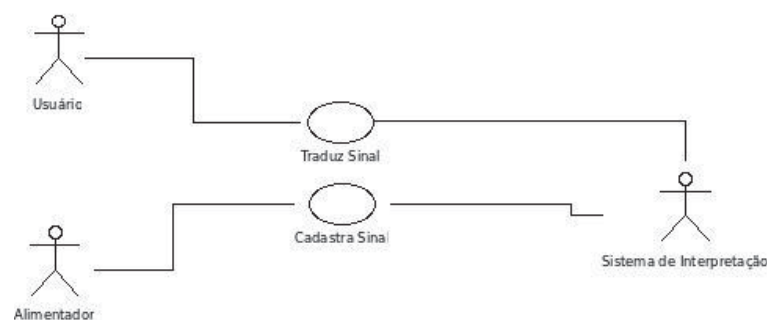


Figura A.1: Diagrama de Casos de Uso do Gerador de Sinais

## A.2 Diagramas de Sequência

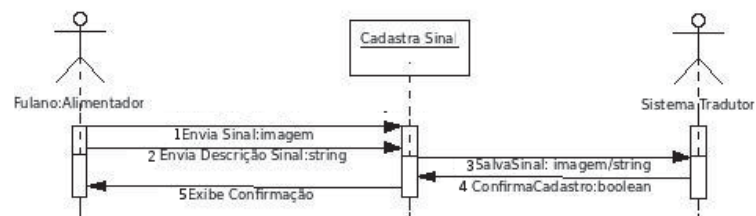


Figura A.2: Diagrama de Sequência do Gerador de Sinais (Cadastrar)

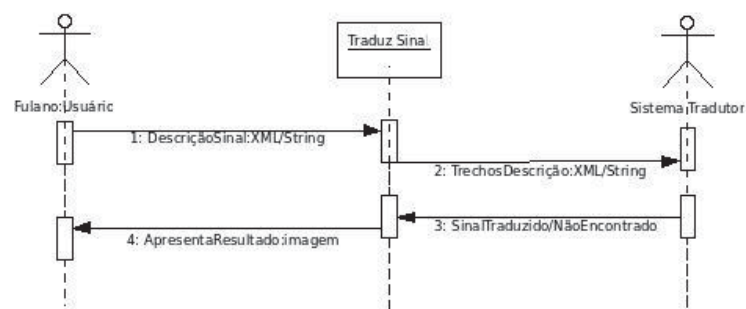


Figura A.3: Diagrama de Sequência do Gerador de Sinais (Traduzir)





## APÊNDICE B: XML - MODELO COMPUTACIONAL

O Apêndice B é composto pelo XML de entrada da ferramenta antes da atualização do CORE-SL.

```
<sinal>
<sinal-nome>“ ”</sinal-nome>
<suspensao>
<sequencia>“ ”</sequencia>
<relacao-maos>“ ”</relacao-maos>
<configuracao-mao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<juncao></juncao>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<movimento-local>
<antebraco-mov></antebraco-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
```

```

<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-dominante>
<configuracao-mao-nao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<juncao></juncao>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<movimento-local>
<antebraço-mov></antebraço-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>

```

```
</configuracao-mao-nao-dominante>
</suspensao>
```

```
<expressao-nao-manual>
<especifica></especifica>
<rosto>
<parte-superior></parte-superior>
<parte-inferior></parte-inferior>
</rosto>
<cabeca-exp></cabeca-exp>
<tronco-exp></tronco-exp>
</expressao-nao-manual>
```

```
<movimento>
<mao-dominante>
<tipo>
<contorno>"reto «</contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" "</contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>" "</sentido>
<unidirecional>" "</unidirecional>
<bidirecional>" "</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>" "</plano-movimento>
<plano-local>" "</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-dominante>
```

```
<mao-nao-dominante>
<tipo>
<contorno></contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
```

```

<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>“ ” </contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“ ’ </sentido>
<unidirecional>“ ’ </unidirecional>
<bidirecional>“” </bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>“ ” </plano-movimento>
<plano-local>“ ” </plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-nao-dominante>
</movimento>
</sinal>

```

Tabela B.1: XML da estrutura do CORE-SL de entrada da ferramenta na primeira etapa

## APÊNDICE C: XML - CORE-SL

O Apêndice C é composto pelo XML de entrada da ferramenta após a atualização do CORE-SL.

```
hline <sinal>
<sinal-nome>“ ”</sinal-nome>
<suspensao>
<sequencia>“ ”</sequencia>
<relacao-maos>“ ”</relacao-maos>
<configuracao-mao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<juncao></juncao>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“ ’</lado-corpo>
<localdif>“ ’</localdif>
<cabeca-loc></cabeca-loc>
<cabeca-contato></cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
```

```

<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“ ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral></deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central></localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraço-mov></antebraço-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-dominante>
<configuracao-mao-nao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<juncao></juncao>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>

```

```

</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“ ”</lado-corpo>
<localdif>“ ”</localdif>
<cabeca-loc></cabeca-loc>
<cabeca-contato></cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“ ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral></deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central></localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraco-mov></antebraco-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-nao-dominante>
</suspensao>

```



```

<expressao-nao-manual>
<especifica></especifica>
<rosto>
<parte-superior></parte-superior>
<parte-inferior></parte-inferior>
</rosto>
<cabeca-exp></cabeca-exp>
<tronco-exp></tronco-exp>
</expressao-nao-manual>

<movimento>
<mao-dominante>
<tipo>
<contorno>"reto «/contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" " </contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>" " </sentido>
<unidirecional>" " </unidirecional>
<bidirecional>" " </bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>" " </plano-movimento>
<plano-local>" " </plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-dominante>

<mao-nao-dominante>
<tipo>
<contorno></contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" " </contato-local>

```

```

</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“ ”</sentido>
<unidirecional>“ ”</unidirecional>
<bidirecional>“”</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>“ ”</plano-movimento>
<plano-local>“ ”</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-nao-dominante>
</movimento>
</sinal>

```

Tabela C.1: XML da estrutura do CORE-SL de entrada da ferramenta na versão final.

## APÊNDICE D: SINAL VOCÊ

O Apêndice D é composto pelo XML de entrada da ferramenta com a descrição do sinal da Libras “você” e também, com o resultado da comparação de sinais na ferramenta de teste.

```
<sinal>
<sinal-nome>“voce”</sinal-nome>
<suspensao>
<sequencia>“um”</sequencia>
<relacao-maos>“nenhuma”</relacao-maos>
<configuracao-mao-dominante>
<articulacao>“aberta ”</articulacao>
<braco>“horizontaldistendido”</braco>
<juncao>“unidoslado ”</juncao>
<disposicao-dedos>“fechado ”</disposicao-dedos>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato>“almofadanaunha ”</polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-aotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“fechado ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato>“indicador ”</polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao>“aberto ”</indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao>“unidoslado ”</indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao>“fechado ”</medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao>“unidoslado ”</medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao>“fechado ”</anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao>“unidoslado ”</anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao>“fechado ”</minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao>“unidoslado ”</minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-palma>“horizontal ”</orientacao-palma>
<orientacao-mao>“baixo ”</orientacao-mao>
<orientacao-dedos>“frente ”</orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“maodominante ”</lado-corpo>
<localdif>“sobre ”</localdif>
<cabeca-loc></cabeca-loc>
<cabeca-contato></cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
```

```

<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“proximal “</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral>“paraleloaopeito”</deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central>“esterno”</localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraço-mov></antebraço-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-dominante>
<configuracao-mao-nao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<juncao></juncao>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“ ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“ ”</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>

```

```

</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“ ”</lado-corpo>
<localdif>“ ”</localdif>
<cabeca-loc></cabeca-loc>
<cabeca-contato></cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“ ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral></deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central></localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraco-mov></antebraco-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-nao-dominante>
</suspensao>

```

```

<expressao-nao-manual>
<especifica></especifica>
<rosto>
<parte-superior></parte-superior>
<parte-inferior></parte-inferior>
</rosto>
<cabeca-exp></cabeca-exp>
<tronco-exp></tronco-exp>
</expressao-nao-manual>

<movimento>
<mao-dominante>
<tipo>
<contorno>"reto "</contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" "</contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao>"curta "</extensao>
<temporal>"acelerado </temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>"peito "</sentido>
<unidirecional>"para frente "</unidirecional>
<bidirecional>" "</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano>"horizontal "</plano>
<plano-movimento>"peito "</plano-movimento>
</plano>
<frequencia>
<vezes>"duas "</vezes>
<frequencia>"repetido "</frequencia>
</frequencia>
</mao-dominante>

<mao-nao-dominante>
<tipo>
<contorno></contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" "</contato-local>

```

</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“ ”</sentido>
<unidirecional>“ ”</unidirecional>
<bidirecional>“ ”</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>“ ”</plano-movimento>
<plano-local>“ ”</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-nao-dominante>
</movimento>
</sinal>

Tabela D.1: XML descritivo do sinal “você” da Libras.

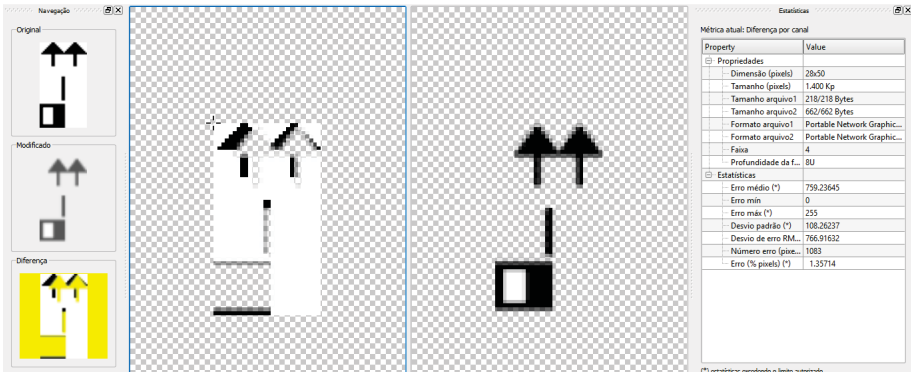


Figura D.1: Análise comparativa do sinal da Libras “você”.



## APÊNDICE E: SINAL ÁGUA

O Apêndice E é composto pelo XML de entrada da ferramenta com a descrição do sinal da Libras água e também, com o resultado da comparação de sinais na ferramenta de teste.

```
<sinal>
<sinal-nome>“agua”</sinal-nome>
<suspensao>
<sequencia>“um”</sequencia>
<relacao-maos>“nenhuma”</relacao-maos>
<configuracao-mao-dominante>
<articulacao>“aberta ”</articulacao>
<braco>“verticaldobrado ”</braco>
<juncao>“unidoslado ”</juncao>
<disposicao-dedos>“fechado ”</disposicao-dedos>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato>“pontas ”</polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>“aberto ”</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>“</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao>“aberto ”</indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao>“nenhum”</indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao>“fechado ”</medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao>“unidoslado ”</medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao>“fechado ”</anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao>“unidoslado ”</anelar-conf-juncao>
<minimo-conf-disposicao>“fechado ”</minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao>“unidoslado ”</minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao>“vertical ”</orientacao-mao>
<orientacao-palma>“esquerda ”</orientacao-palma>
<orientacao-dedos>“cima ”</orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“maodominante ”</lado-corpo>
<localdif>“sobre ”</localdif>
<cabeca-loc>“queixo ”</cabeca-loc>
<cabeca-contato>“maoladopolegar ”</cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato>“dedosdostas ”</mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc>“pontas ”</polegar-loc>
```

```

<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>"proximal "</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral>"pararelolinhamedial"</deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central>"queixo "</localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraço-mov></antebraço-mov>
<mao-mov>"abrirfechar "</mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov>"abrirfechar "</polegar-mov>
<indicador-mov>"alternar </indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>
</configuracao-mao-dominante>

<configuracao-mao-nao-dominante>
<articulacao></articulacao>
<braco></braco>
<disposicao-dedos></disposicao-dedos>
<juncao></juncao>
<dedos-conf>
<polegar-conf-contato></polegar-conf-contato>
<polegar-rotacao-adjacente>" "</polegar-rotacao-adjacente>
<polegar-rotacao-paralelo>" "</polegar-rotacao-paralelo>
<polegar-dedo-contato></polegar-dedo-contato>
<indicador-conf-disposicao></indicador-conf-disposicao>
<indicador-conf-juncao></indicador-conf-juncao>
<medio-conf-disposicao></medio-conf-disposicao>
<medio-conf-juncao></medio-conf-juncao>
<anelar-conf-disposicao></anelar-conf-disposicao>
<anelar-conf-juncao></anelar-conf-juncao>

```

```

<minimo-conf-disposicao></minimo-conf-disposicao>
<minimo-conf-juncao></minimo-conf-juncao>
</dedos-conf>
<orientacao>
<orientacao-mao></orientacao-mao>
<orientacao-palma></orientacao-palma>
<orientacao-dedos></orientacao-dedos>
</orientacao>
<locacao>
<lado-corpo>“ ”</lado-corpo>
<localdif>“ ”</localdif>
<cabeca-loc></cabeca-loc>
<cabeca-contato></cabeca-contato>
<tronco-loc></tronco-loc>
<tronco-contato></tronco-contato>
<mao-loc></mao-loc>
<mao-contato></mao-contato>
<dedos-loc>
<polegar-loc></polegar-loc>
<indicador-loc></indicador-loc>
<medio-loc></medio-loc>
<anelar-loc></anelar-loc>
<minimo-loc></minimo-loc>
</dedos-loc>
<espaco-loc>
<proximidade>“ ”</proximidade>
<relacao-espacial>
<deslocamento-ipsilateral></deslocamento-ipsilateral>
<localizacao-central></localizacao-central>
</relacao-espacial>
</espaco-loc>
</locacao>
<movimento-local>
<antebraço-mov></antebraço-mov>
<mao-mov></mao-mov>
<dedos-mov></dedos-mov>
<dedos>
<polegar-mov></polegar-mov>
<indicador-mov></indicador-mov>
<medio-mov></medio-mov>
<anelar-mov></anelar-mov>
<minimo-mov></minimo-mov>
</dedos>
<pulso-mov>
<dobramento></dobramento>
<torcedura></torcedura>
</pulso-mov>
</movimento-local>

```

```

</configuracao-mao-nao-dominante>
</suspensao>
<expressao-nao-manual>
<especifica>"assentimento "</especifica>
<rosto>
<parte-superior></parte-superior>
<parte-inferior></parte-inferior>
</rosto>
<cabeca-exp></cabeca-exp>
<tronco-exp></tronco-exp>
</expressao-nao-manual>

<movimento>
<mao-dominante>
<tipo>
<contorno>"reto"</contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov>"toque "</contato-mov>
<contato-local>"queixo"</contato-local>
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade>"normal "</velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>"queixo"</sentido>
<unidirecional>"paratras"</unidirecional>
<bidirecional>" "</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>"vertical "</plano-movimento>
<plano-local>"rosto "</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes>"1 "</vezes>
<frequencia>"simples "</frequencia>
</frequencia>
</mao-dominante>
<mao-nao-dominante>
<tipo>
<contorno></contorno>
<sentido></sentido>
<interacao></interacao>
<contato-mov></contato-mov>
<contato-local>" "</contato-local>

```

```
</tipo>
<qualidade>
<extensao></extensao>
<temporal></temporal>
<tensao></tensao>
<velocidade></velocidade>
</qualidade>
<direcionalidade>
<sentido>“ ”</sentido>
<unidirecional>“ ”</unidirecional>
<bidirecional>“ ”</bidirecional>
</direcionalidade>
<plano>
<plano-movimento>“ ”</plano-movimento>
<plano-local>“ ”</plano-local>
</plano>
<frequencia>
<vezes></vezes>
<frequencia></frequencia>
</frequencia>
</mao-nao-dominante>
</movimento>
</sinal>
```

Tabela E.1: XML descritivo do sinal “agua” da Libras.

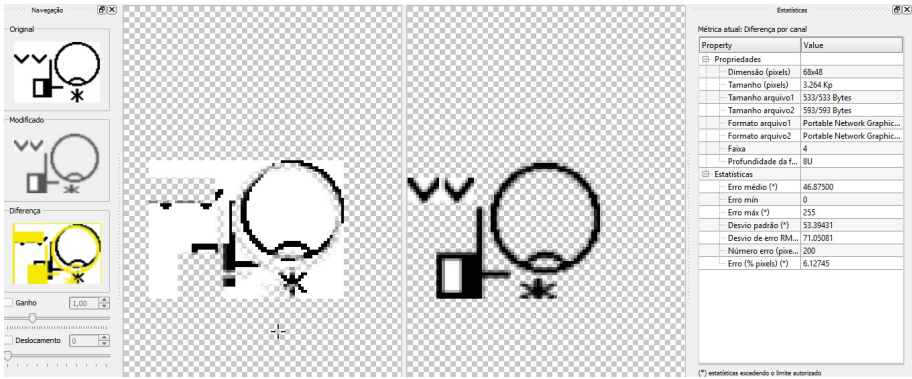


Figura E.1: Análise comparativa do sinal da Libras “agua”.